

Bidang Unggulan : Ketahanan dan Keamanan Pangan
Kode/ Nama Rumpun Ilmu : 151/ Ilmu Tanah

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
Tahun ke 3



JUDUL PENELITIAN
KARAKTERISASI BIOCHAR-PUPUK ORGANIK
PADA BEBERAPA JENIS TANAH DI LAHAN KERING

Ketua Tim Peneliti:

Dr. Ir. Widowati, MP (NIDN 0024086506)

Anggota Tim:

Sutoyo, SP., MP (NIDN 0002076012)

Hidayati Karamina, SP., SH., MP (NIDN 0704019101)

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal
Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan
Pendidikan Tinggi

Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2019

UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI
MALANG
NOVEMBER 2019

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Karakterisasi Biochar-Pupuk Organik pada Beberapa Jenis Tanah di Lahan Kering Iklim Kering

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Dr Ir WIDOWATI, M.P
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi
NIDN : 0024086506
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Agroteknologi
Nomor HP : 0822 4571 1408
Alamat surel (e-mail) : widwidowati@gmail.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : SUTOYO S.P, M.P
NIDN : 0002076012
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi

Anggota (2)
Nama Lengkap : HIDAYATI KARAMINA S.H., S.P, M.P
NIDN : 0704019101
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 135,795,000
Biaya Keseluruhan : Rp 385,215,000

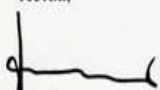
Mengetahui,

Dekan Fakultas Pertanian,


(Dr. J. Amir Hamzah, MP)
NIP/NIK 0027056718

Malang, 4 - 11 - 2019

Ketua,


(Dr Ir WIDOWATI, M.P)
NIP/NIK 0024086506

Menyetujui,
LPPM,


(Dr. Eki Y. Mahanianto, MP)
NIP/NIK 0003106802

RINGKASAN

Lahan kering di Kabupaten Malang berpotensi dikembangkan mengingat luasan lahan subur terbatas, ketersediaan lahan pertanian berkurang, serta ketidakmungkinan perluasan areal baru. Wilayah Kecamatan Poncokusumo, Donomulyo, dan Kalipare memiliki sifat dan ciri tanah yang berbeda. Kecamatan Donomulyo terletak di dataran tinggi dengan jenis Entisol lithic subgrup. Tanah mineral tanpa atau sedikit perkembangan profil, belum mengalami perkembangan lebih lanjut sehingga hanya memiliki lapisan horizon yang dangkal, tergolong tanah muda yang miskin unsur hara, bukan termasuk tanah yang subur. Lahan mengalami kesulitan air di musim kemarau sehingga dibiarkan kosong dan ditumbuhi rerumputan. Wilayah Kalipare (Inseptisol) terletak di lereng gunung Kendeng dengan areal pertanian yang tidak mampu dijangkau oleh pengairan sistem irigasi sehingga mengakibatkan pertanian lahan kering, tanahnya dengan komposisi liat tinggi dan sangat keras. Jenis tanah Entisol (Kecamatan Poncokusumo) termasuk tanah muda yang tanpa perkembangan profil. Entisol didominasi fraksi pasir dan pori total yang cukup besar sehingga kemampuan tanah memegang air sangat rendah. Fraksi pasir yang tinggi mencirikan tanah miskin bahan organik sehingga Kapasitas Tukar Kation sangat rendah yang menyebabkan pencucian unsur hara tinggi.

Dalam jangka panjang penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas di lahan kering sehingga ketahanan pangan terwujud. Hal ini didekati dengan percobaan yang akan dilakukan dalam waktu 4 tahun. Percobaan tahun I lebih menekankan pengaruh langsung dari karakteristik biochar-pupuk organik terhadap sifat tanah pada beberapa jenis tanah (bertekstur liat dan pasir berlempung). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis biochar-pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada beberapa jenis tanah selama 2 musim tanam.

Pada tahun I (2017) percobaan dalam pot plastik di rumah kaca, di Dusun Bawang, Desa Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Penelitian ini menggunakan 3 sampel tanah yang berasal dari 3 kecamatan di Kabupaten Malang Selatan dari agroekosistem lahan kering. Jenis tanah yang diambil mewakili proses pembentukan dan perkembangan tanah yang berpengaruh terhadap karakteristik jenis tanah. Jenis tanah dari Kec. Poncokusumo adalah Entisol (baru berkembang), dari Kec. Donomulyo adalah Entisol lithic subgrup (berkembang tidak sempurna), dan Inseptisol dari Kec. Kalipare (sedang berkembang). Biochar dari 3 jenis biomasa (sekam padi, tongkol jagung, jengkok tembakau). Pupuk organik berupa kompos dan pupuk kandang ayam.

Pada tahun II (2018) menggunakan tanaman sebagai indikator untuk melihat respon terhadap aplikasi biochar-pupuk organik pada beberapa jenis tanah sebagaimana pada tahun I. Percobaan dilakukan dalam polibag yang diletakkan di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis biochar dan pupuk organik yang digunakan pada Inseptisol dan Entisol lithic subgrup menunjukkan hasil jagung yang berbeda. Hasil jagung lebih tinggi dengan biochar tongkol kombinasi pupuk kandang yang tidak berbeda dengan hanya menggunakan pupuk

kandang pada Inseptisol. Penggunaan biochar sekam kombinasi pupuk kandang menunjukkan hasil jagung terbaik pada Entisol lithic subgrup. Jenis biochar dan pupuk organik yang diterapkan pada Inseptisol dan Entisol lithic subgrup memberikan pengaruh yang berbeda pada pertumbuhan dan hasil tanaman. Penggunaan jenis biochar dan pupuk organik secara tunggal maupun kombinasi pada Entisol menunjukkan hasil jagung yang sama. Penggunaan biochar tongkol dan pupuk kandang secara kombinasi lebih baik dibanding tunggal pada Inseptisol. Pupuk kandang dan jenis biochar yang diterapkan secara tunggal maupun kombinasi lebih baik pada Entisol lithic subgrup. Hasil biji terbaik diperoleh dari kadar N,P,K seimbang setelah pupuk kandang diterapkan bersama biochar dari jenis yang berbeda pada Inseptisol dan Entisol lithic subgrup. Jenis tanah menentukan kemampuan biochar sebagai penyedia Ca dan Mg (Entisol lithic subgrup) maupun menyimpan kation basa (Inseptisol dan Entisol). Perubahan sifat-sifat tanah dalam menanggapi perubahan biochar dan pupuk organik bervariasi dengan jenis tanah meskipun memiliki tekstur yang sama. Namun jenis biochar dan pupuk organik menunjukkan hasil jagung yang tidak berbeda pada Entisol. Penggunaan biochar jengkok-pupuk kandang secara bersama lebih baik daripada secara tunggal pada Inseptisol, seperti pH tanah, bahan organik tanah, jumlah basa, kapasitas tukar kation, dan kadar N total. Aplikasi secara kombinasi lebih menguntungkan daripada secara tunggal untuk kadar P tersedia (7 dan 112 hst) pada tanah Inseptisol dan Entisol lithic subgrup dan khususnya kadar N total tanah pada 7 hst.

Pada tahun III (2019) merupakan percobaan lanjutan dari tahun II untuk mengevaluasi pengaruh residu aplikasi biochar-pupuk organik pada tanaman jagung secara berkelanjutan.

Hasil penelitian menunjukkan setiap jenis pembenah tanah memiliki efektifitas yang berbeda terhadap perbaikan bahan organik tanah dan sifat fisik ketiga jenis tanah. Untuk mendapatkan hasil jagung yang lebih baik pada Entisol dari pemberian biochar tongkol dicampur pupuk kandang, pada Inceptisol dari biochar sekam padi dicampur pupuk kandang, dan pada Entisol Lithic subgrup dari pupuk kandang. Jenis bahan pembenah tanah mempengaruhi komposisi fraksi penyusun tanah (pasir, debu, liat) sehingga berdampak pada perubahan sifat fisik pada setiap jenis tanah. Pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik meningkatkan status perubahan kimia tanah, seperti pH tanah, N total tanah, bahan organik, P tersedia, K tersedia, kandungan Na, kandungan Ca, kandungan Mg dan KTK. Pemberian jenis biochar (biochar tongkol jagung, sekam padi dan jengkok tembakau) serta pupuk organik (kompos dan pupuk kandang) memberikan respon perubahan yang tinggi, kecuali KTK. Kadar N total meningkat dari status rendah (kontrol) menjadi sedang (residu biochar yang dikombinasikan dengan pupuk organik) pada Entisol dan (biochar saja) pada Inceptisol. Namun tidak nyata berpengaruh pada Entisol lithic subgrup. Kadar P tersedia meningkat dari status sedang menjadi sangat tinggi (residu biochar yang dikombinasi pupuk organik) pada Entisol, dari rendah menjadi tinggi (biochar dan pupuk kandang) pada Entisol lithic subgrup, dan dari sedang ke tinggi (biochar saja) pada Inceptisol. Kadar K meningkat dari status sangat rendah menjadi rendah (residu biochar dan pupuk organik) pada ketiga

jenis tanah. Pada Entisol, pemberian biochar tongkol jagung+kompos, biochar padi+pupuk kandang, dan pemberian jengkok-tembakau memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan kandungan N total tanah, bahan organik tanah, P tersedia dibandingkan dengan kontrol. Pada Entisol lithic subgrup, pemberian biochar jengkok-tembakau+pupuk organik (pupuk kandang maupun kompos) memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan P dan K tersedia dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya. Pada Inceptisol, pemberian biochar sekam padi+kompos, biochar jengkok-tembakau+kompos dan biochar tongkol jagung saja dapat memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan bahan organik tanah, N total, P tersedia, K tersedia dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya. Pada Entisol, biochar tongkol jagung dicampur pupuk kandang menurunkan KHJ (59,3%) dan pori makro (67,4%), serta meningkatnya bahan organik tanah (16,5%), porositas (16,9%), pori mikro (60,2%), serta hasil jagung (146,4%) dibanding kontrol. Pada Inceptisol, biochar sekam padi dicampur pupuk kandang menurunkan bobot isi tanah (23,1%), fraksi liat (6,4%), kadar air pada titik layu permanen (41,2%), dan meningkatkan bahan organik tanah (135,3%), bobot jenis partikel (9,1%), porositas (45,6%), fraksi pasir (81,5%), pori makro (40,1%), pori mikro (60,9%), air tersedia (12,4%), kadar air pada kapasitas lapangan (30%), serta hasil jagung (120,7%) dibanding kontrol. Pada Entisol Lithic Subgrup, pupuk kandang menurunkan bobot isi tanah (9%), fraksi liat (12,2%), pori mikro (44,6%), kadar air pada titik layu permanen (45,5%), dan meningkatkan bahan organik tanah (75,7%), bobot partikel tanah (14,3%), porositas (30,1%), fraksi pasir (25,4%), fraksi debu (47,6%), KHJ (652%), air tersedia (168%), pori makro (76,6%), dan hasil jagung (50,1%) dibanding kontrol.

Luaran penelitian berupa produk biochar yang dapat meningkatkan produktivitas lahan kering. Luaran berupa: (1). Paten tahun 2018 yang telah diumumkan oleh Kemenkumham dengan nomor P00201810883, berjudul “Komposisi *Biochar* Tongkol Jagung dan Metode Pembuatannya”; (2). Artikel ilmiah Internasional berjudul “Characterization of biochar combination with organic fertilizer: the effects on physical properties of some soil types” dipublikasi di jurnal Bioscience Research (pISSN: 1811-9506 eISSN 2218-3973), 2017, 14 (4):955-965, 10 Des 2017, www.isisn.org. doi 10.1007/s00374-002-0466-4; (3). artikel ilmiah internasional berjudul “The soil organic dynamics from types biochar-organic fertilizers and soil” yang telah dipublikasi Published under licence by IOP Publishing Ltd. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science volume 215 (2018) 012008. doi :10.1088/1755-1315/215/1/012008; (4). Prosiding hasil seminar nasional 2018 di UGM dengan ISSN: 2442-7314 hal 682 – 692, yang berjudul “Dinamika Nitrogen Selama Inkubasi Biochar dan Pupuk Organik Pada Berbagai Jenis Tanah”. (5). Artikel berjudul “The Corn Yield Evaluation of Biochars And Organic Fertilizers Application to Three Types of Soil” (Hayati Journal of Biosciences, IPB, Q2, SJR 0,31) submit pada 28-10-2019. (6). Selain itu juga telah disiapkan 3 jurnal lainnya yang akan dipublikasi pada jurnal internasional bereputasi berjudul “Biochar and Organic Fertilizer Utilization in Enhancing Corn Yield on Various Type of Dryland”; Submit di ANRES (Agriculture and Natural Resources) pada tgl 10-10-2019 (Q3; SJR 0,24,

Thailand) (7). Judul “Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties on the three soil types after second corn cultivation”; submit di AIMS Agriculture and Food, Q3, United State, SJR 0,21) (8) Artikel yang sedang proses native proofreading berjudul “Status of soil organic matter and levels N, P, K after two years using biochar and organic fertilizer in three types of soil” yang akan disubmit di Eur Asian Journal Biosciences, Turkey, SJR 0,12, Q4. (9). Selain jurnal juga ada buku yang diterbitkan oleh kerjasama UM dan UNITRI yang berjudul “ Penggunaan Biochar di Lahan Kering” (ISBN 978-602-470-121-5). (10). Hak cipta buku Penggunaan biochar di lahan kering dengan nomor 000156772 (11). Diseminasi hasil penelitian dengan mengikuti seminar nasional di UGM yang berjudul “Analisis pertumbuhan dan hasil tanaman jagung dari residu biochar - pupuk organik pada beberapa jenis tanah di lahan kering” (2019). (12). Dokumentasi hasil produk biochar tongkol jagung. (13). Dokumentasi hasil uji produk. (14). Buku Petunjuk Pembuatan dan Penggunaan Biochar. Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 5 yang hendak dicapai untuk validasi suatu subsistem dalam lingkungan yang relevan.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karuniaNya sehingga laporan akhir Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) tahun ketiga (2019) dapat diselesaikan. Penelitian dengan judul “Karakterisasi Biochar-Pupuk Organik pada Beberapa Jenis Tanah di Lahan Kering” merupakan penelitian yang mendukung tercapainya RENSTRA PENELITIAN PT di bidang Ketahanan Pangan. Topik unggulan, diantaranya *Pengembangan Teknologi Produksi Pangan Ramah Lingkungan*. Ada produk dari penelitian berupa perubahan dari limbah industri tembakau (jengkok) menjadi biochar jengkok tembakau, dari sekam padi menjadi biochar sekam padi, dan dari tongkol jagung menjadi biochar tongkol jagung. Produk biochar lebih unggul daripada bahan bakunya/ biomasa karena bersifat persisten di dalam tanah sehingga memberikan pengaruh secara berkelanjutan. Produk tersebut diaplikasikan ke tiga jenis tanah yang diambil dari lahan kering dengan tingkat kesuburan dan produktivitas yang rendah. Tanaman jagung digunakan sebagai indikator terhadap perubahan setelah menggunakan biochar dan pupuk organik. Pengaruh aplikasi produk diamati pada dua siklus tanaman jagung yang ditanam dalam dua musim tanam di lahan kering yang diberi biochar-pupuk organik. Penelitian dalam dua siklus tanam dengan maksud untuk mengamati pengaruh keberlanjutan produk terhadap sifat tanah maupun tanaman.

Pada kesempatan ini, tim peneliti menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kemenristek-Dikti yang telah mendanai PTUPT dalam waktu 3 tahun (2017-2019). Luaran berupa paten tentang “Komposisi *Biochar* Tongkol Jagung dan Metode Pembuatannya” telah diumumkan oleh Kemenkumham pada tahun 2018 dengan nomor P00201810883. Publikasi internasional di jurnal Bioscience Research (2017) dan IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science (2018). Tiga jurnal internasional lainnya telah disubmit di Agriculture and natural resources (ANRES), AIMS Agriculture and food, dan Hayati journal of biosciences. Saat ini masih ada satu artikel masih dalam native proofreading yang rencana akan disubmit di EurAsian journal Biosciences. Desiminasi hasil penelitian dalam seminar nasional dan internasional di UGM dalam tiga tahun berturut-turut. Dari hasil penelitian ini juga telah diterbitkan buku ber-ISBN dengan judul “Penggunaan Biochar di Lahan Kering”.

Penulis berharap kiranya kelak hasil penelitian dapat dikolaborasikan di lapangan dengan menggunakan lahan milik petani sebagai mitra binaan lahan kering. Semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan IPTEK.

Malang, 6 Nopember 2019
Penulis,

Widowati

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
PRAKATA	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT	6
3.1 Tujuan Penelitian	6
3.2 Manfaat Penelitian	6
BAB IV METODE PENELITIAN	7
BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....	9
5.1.Hasil Dan Pembahasan	9
5.1.1.Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Musim Tanam Kedua	9
5.1.2.Sifat Kimia Tanah Saat Pertumbuhan Vegetatif Maksimal	30
5.1.3.Sifat Kimia Tanah Setelah Panen.....	58
5.1.4.Sifat Fisik Tanah Setelah Dua Tahun Musim Tanam Jagung Pada Tiga Jenis Tanah	76
5.2.Luaran Yang Dicapai	87
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	90
6.1.Kesimpulan.....	90
6.2.Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN.....	103
1. Surat Paten Diumumkan	
2. Cover Buku	
3. Bukti Submmit Di Tiga Jurnal Internasional (ANRES, AIMS, HAYATI)	
4. Dokumentasi Hasil Produk	
5. Dokumentasi Hasil Uji Produk	
6. Cover Buku Petunjuk Penggunaan Dan Penggunaan Biochar	
7. Sertifikat Kegiatan Seminar Sebagai Pemakalah Dalam Tiga Tahun	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil analisis nested design tinggi tanaman.....	9
Tabel 2. Hasil uji DMRT tinggi tanaman pada jenis tanah	10
Tabel 3. Hasil analisis nested design berat total tanaman.....	11
Tabel 4. Hasil uji DMRT berat total tanaman pada jenis tanah	12
Tabel 5. Hasil analisis nested design ILD	13
Tabel 6. Hasil uji DMRT ILD pada jenis tanah	14
Tabel 7. Hasil analisis nested design SLA	15
Tabel 8. Hasil uji DMRT SLA pada jenis tanah	16
Tabel 9. Hasil analisis nested design berat jagung tanpa klobot.....	17
Tabel 10. Hasil uji DMRT berat jagung tanpa klobot pada jenis tanah.....	18
Tabel 11. Hasil analisis nested design berat pipilan kering	19
Tabel 12. Hasil uji DMRT berat pipilan kering pada jenis tanah	20
Tabel 13. Hasil analisis nested design berat 100 biji	23
Tabel 14. Hasil uji DMRT berat 100 biji pada jenis tanah	24
Tabel 15. Hasil analisis nested design berat tongkol tanpa biji	25
Tabel 16. Hasil uji DMRT berat tongkol tanpa biji pada jenis tanah	26
Tabel 17. Hasil analisis nested design panjang tongkol.....	26
Tabel 18. Hasil uji DMRT panjang tongkol pada jenis tanah.....	27
Tabel 19. Hasil analisis nested design diameter tongkol	28
Tabel 20. Hasil uji DMRT diameter tongkol pada jenis tanah	29
Tabel 21. Hasil analisis nested design pH awal	30
Tabel 22. Hasil uji DMRT pH awal pada jenis tanah	31
Tabel 23. Hasil analisis nested design N total awal	33
Tabel 24. Hasil uji DMRT N total awal pada jenis tanah	34
Tabel 25. Hasil analisis nested design bahan organik awal	35
Tabel 26. Hasil uji DMRT bahan organik awal pada masing-masing jenis tanah.....	36
Tabel 27. Hasil analisis nested design P.Brays1	40
Tabel 28. Hasil uji DMRT P Brays1 pada jenis tanah.....	42
Tabel 29. Hasil analisis nested design K awal	43

Tabel 30. Hasil uji DMRT K awal pada jenis tanah	44
Tabel 31. Hasil analisis nested design Na awal	46
Tabel 32. Hasil uji DMRT Na awal pada jenis tanah	47
Tabel 33. Hasil analisis nested design Ca awal.....	48
Tabel 34. Hasil uji DMRT Ca awal pada jenis tanah.....	49
Tabel 35. Hasil analisis nested design Mg awal	50
Tabel 36. Hasil uji DMRT Mg awal pada jenis tanah.....	51
Tabel 37. Hasil analisis nested design KTK awal.....	53
Tabel 38. Hasil uji DMRT KTK awal pada jenis tanah.....	54
Tabel 39. Hasil analisis nested design KB awal	56
Tabel 40. Hasil uji DMRT KB awal pada jenis tanah.....	57
Tabel 41. Nilai signifikan Bahan Organik Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah.....	58
Tabel 42. Nilai Kandungan Bahan Organik Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	60
Tabel 43. Nilai signifikan N Total Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	60
Tabel 44. Nilai N Total Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	62
Tabel 45. Nilai signifikan P Olsen Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	62
Tabel 46. Nilai Kandungan P Tersedia Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	64
Tabel 47. Nilai signifikan K dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	65
Tabel 48. Nilai Kandungan K Tersedia dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	66
Tabel 49. Nilai signifikan Na dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	66
Tabel 50. Kandungan Na dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	67

Tabel 51. Nilai signifikan Kandungan Ca dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	68
Tabel 52. Kandungan Ca dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	69
Tabel 53. Nilai signifikan Kandungan Mg dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	69
Tabel 54. Kandungan Mg dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	70
Tabel 55. Nilai signifikan pH pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	71
Tabel 56. Nilai pH Tanah Entisol, Ektisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	71
Tabel 57. Nilai signifikan KTK dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	73
Tabel 58. Nilai KTK dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah	74
Tabel 59. Nilai signifikan Kejenuhan Basa dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah	75
Tabel 60. Nilai Kejenuhan Basa dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah.....	76
Tabel 61 Hasil analisis nested design bagan organik tanah, sifat fisik tanah, dan hasil jagung pipilan kering	82
Tabel 62. Hasil uji DMRT bahan organik tanah, bobot isi tanah, bobot jenis tanah, dan porositas pada jenis tanah.....	34
Tabel 63. Hasil uji DMRT pasir, debu, liat, dan tekstur tanah pada jenis tanah.....	84
Tabel 64 Hasil uji DMRT konduktivitas hidrolik jenuh dan kadar air pada jenis Tanah	85
Tabel 65. Hasil uji DMRT pori-pori dan bobot hasil jagung pipilan kering pada jenis tanah.....	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rata-rata berat jagung tanpa klobot tanah Inseptisol, entisol, Entisol lithic subgrup	19
Gambar 2. Rata-rata berat pipilan kering tanah Inseptisol, entisol dan Entisol lithic subgrup.....	23
Gambar 3. Rata- rata nilai pH tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol.....	32
Gambar 4. N Total pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol.....	34
Gambar 5. Bahan organik pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol.....	37
Gambar 6. Kandungan P pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol	42
Gambar 7. Kandungan K pada tanah entisol, entisol lithic subgub dan Inceptisol	45
Gambar 8. Kandungan Na pada tanah entisol, entisol lithic subgub, Inceptisol	47
Gambar 9. Ca NH ₄ OAC1N pH:7 pada entisol, entisol lithic subgub dan Inceptisol	50
Gambar 10. Mg NH ₄ OAC1N pada tanah entisol, entisol lithic subgub, Inceptisol	52
Gambar 11. KTK NH ₄ OAC1N pH:7 tanah entisol, entisol lithic subgub, Inceptisol	55
Gambar 12. Kejenuhan Basa (%) tanah entisol, entisol lithic subgub, Inceptisol	57

DAFTAR LAMPIRAN

1. Surat paten diumumkan.....	103
2. Cover Buku	104
3. Bukti submit di tiga jurnal internasional (ANRES, AIMS, HAYATI).....	104
4. Dokumentasi hasil produk.....	106
5. Dokumentasi hasil uji produk	107
6. Cover buku petunjuk penggunaan dan penggunaan biochar.....	108
7. Sertifikat kegiatan Seminar sebagai pemakalah dalam tiga tahun	109

BAB I. PENDAHULUAN

Kabupaten Malang memiliki wilayah seluas 324.423 ha dan terletak pada urutan luas terbesar kedua setelah Kabupaten Banyuwangi dari 38 kabupaten/kota di wilayah Propinsi Jawa Timur. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian tahun 2013, luas lahan suboptimal di Indonesia yang sesuai untuk lahan pertanian mencapai 91,9 juta ha diantaranya lahan terluas adalah lahan kering masam seluas 62,6 juta ha (68,1%). Di Jawa Timur, luas lahan ladang/huma dan tegal/kebun pada tahun 2012 mencapai 1.167.572 ha, khusus di Kab. Malang mencapai 104.512 ha (9%).

Lahan kering sangat potensial dikembangkan mengingat luasan lahan subur terbatas, ketersediaan lahan pertanian berkurang, dan ketidakmungkinan perluasan areal baru. Kendala internal berkaitan dengan bahan induk tanah yang mempengaruhi tingkat kesuburan tanah dan faktor eksternal seperti iklim yang menyebabkan produktivitas rendah. Masalah yang seringkali muncul pada lahan kering adalah kapasitas menahan air yang rendah, peka terhadap erosi, topsoil yang tipis, bahan organik rendah sehingga menyebabkan kapasitas adsorpsi dan kapasitas tukar kation rendah dan unsur hara mudah tercuci, miskin unsur hara sehingga memerlukan pemupukan anorganik dengan dosis tinggi.

Sampai saat ini pemanfaatan lahan kering belum optimal terutama untuk lahan yang telah diusahakan. Oleh karena itu penelitian ini masih dipandang penting dalam rangka untuk meningkatkan produktivitas lahan kering. Penelitian yang menggunakan biochar sebagai bahan pembenah tanah, diantaranya pada lahan kering masam terdegradasi Taman Bogo Lampung, pada tanah sulfat masam di Kalimantan, lahan kering beriklim kering, tanah lempung berpasir di Lombok Utara, dan lahan kering dari wilayah berkapur Malang Selatan dan tanah yang sedang terdegradasi.

Bahan organik sebagai bahan pembenah tanah memiliki sifat dan ciri yang berbeda, termasuk sifat stabil (biochar) dan labil (pupuk organik). Biochar adalah produk dari dekomposisi termal biomassa yang dihasilkan oleh sebuah proses yang disebut pirolisis. Asai *et al.*, (2009) melaporkan biochar memiliki porositas total yang tinggi dan dapat menyimpan air di pori-pori dan dengan demikian mempertahankan keseimbangan air sehingga ketersediaan nutrisi lebih baik. Peningkatan porositas mengakibatkan tiga kali lipat peningkatan luas permukaan yang menyebabkan peningkatan kapasitas memegang air bahan biochar (Ammu *et al.*, 2015). Porositas tinggi juga mengakibatkan KTK tinggi dari bahan biochar. Menurut Srinivasarao *et al.* (2013), konversi biomassa sisa tanaman menjadi

biochar dan menggunakan char sebagai amandemen tanah adalah pendekatan baru dan disarankan sebagai alternatif untuk kompos.

Perubahan dalam tanah setelah aplikasi biochar mencerminkan sifat dari biochar yang diterapkan. Penelitian karakterisasi dari jenis biochar-pupuk organik pada jenis tanah terbatas jumlahnya. Oleh karena itu diperlukan penelitian variasi dalam karakteristik jenis biochar termasuk dampak dari karakteristik biochar-pupuk organik pada jenis tanah. Tujuan khusus penelitian untuk mengevaluasi pengaruh jenis biochar-pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung pada beberapa jenis tanah secara berkelanjutan.

Spesifikasi khusus terkait skema Renstra penelitian dengan bidang unggulan Ketahanan Pangan. Pengembangan Teknologi Produksi Pangan Ramah Lingkungan merupakan salah satu topik unggulan. Penelitian ini menawarkan sebuah pengembangan paket teknologi pengelolaan tanah dengan biochar-pupuk organik sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan produktivitas lahan kering sehingga mendukung produksi tanaman secara berlanjut.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Lahan suboptimal yang paling luas ialah lahan kering yaitu 122,1 juta ha yang terdiri atas lahan kering masam 108,8 juta ha dan lahan kering iklim kering 13,3 juta ha (Mulyani dan Sarwani, 2013). Menurut Haryono (2013), optimalisasi lahan sub optimal meliputi produktivitas, efisiensi produksi, kelestarian sumberdaya dan lingkungan serta kesejahteraan petani melalui intensifikasi dan ekstensifikasi lahan sub optimal yang terdegradasi atau terlantar. Pengelolaan hara dengan bahan organik merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan lahan kering. Bahan organik tanah merupakan faktor penting yang menentukan kesuburan dan produktivitas tanah. Setiap jenis tanah yang memiliki karakteristik sifat yang berbeda tentu akan berbeda dalam menanggapi suatu masukan bahan organik.

Pengelolaan lahan kering dengan menggunakan bahan organik yang bersifat labil seperti pupuk organik berfungsi sebagai bahan sementasi yang meningkatkan agregasi tanah, sumber hara, dan menyediakan zat pengatur tumbuh tanaman yang memberikan keuntungan bagi pertumbuhan tanaman seperti vitamin, asam amino, auksin dan giberelin. Bahan organik yang bersifat labil merupakan bahan organik yang mudah mengalami dekomposisi pada kondisi tropis, tidak seperti biochar. Biochar lebih stabil bertahan di dalam tanah dibandingkan dengan bahan pembenah tanah lainnya sehingga fungsinya di dalam tanah bersifat jangka panjang (Wang *et al.*, 2016). Hampir setiap bahan organik dapat dikonversi menjadi biochar, namun karakter masing-masing bahan organik akan memiliki pengaruh pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah setelah dimasukkan ke dalam tanah. Reaktivitas biochar dan atau pupuk organik di dalam tanah dapat bervariasi dalam mempengaruhi kesuburan tanah.

Biochar merupakan bahan alternatif untuk perbaikan kesuburan tanah sekaligus untuk perbaikan lingkungan yang murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Setiap jenis biochar memiliki sifat-sifat yang berbeda berdasarkan kondisi produksi dan bahan baku yang digunakan. Naeem *et al.*, (2014) melaporkan variasi suhu pirolitik dan bahan baku akan mempengaruhi hasil dan komposisi hara biochar. Biochar diproduksi dari berbagai biomassa dan umumnya bisa digunakan untuk perbaikan tanah. Kondisi proses yang digunakan dalam studi di berbagai literatur sering menyulitkan jika ingin membandingkan hasil mengenai efek sifat bahan baku dari karakteristik biochar. Respon tanaman terhadap biochar sangat bergantung kepada material dan cara pembuatan biochar (Major *et al.*, 2010a). Kandungan mineral biochar juga akan bervariasi bergantung kepada material yang digunakan (Yao *et al.*, 2012). Demikian pula efektivitas penggunaan biochar dapat bervariasi, dan sumber biomassa yang

digunakan dapat mempengaruhi karakterisasi biochar. Hasil-hasil penelitian telah menunjukkan perbedaan karakteristik biochar dari bahan baku dan kondisi produksi, seperti yang telah dilaporkan oleh Widowati *et al.*, (2011, 2014, 2017); Peng *et al.* (2011); Ammu *et al.* (2015). Kualitas dari biochar sangat ditentukan oleh karakteristik bahan baku dan proses pirolisis (Amonette dan Joseph, 2009)

Karena struktur aromatiknya, karbon biochar lebih stabil daripada karbon dalam biomassa asli sehingga dapat menurunkan laju dekomposisi bahan organik. Penggunaan mulsa, kompos, pupuk kandang dapat meningkatkan kesuburan tanah, meski begitu dalam kondisi tropis, dimineralisasi sangat cepat (Tiessen *et al.*, 1994). Pengaruh agronomi dengan penambahan biochar telah ditemukan di berbagai lintang dengan kesuburan tanah yang rendah (Biederman dan Harpole, 2013; Liu *et al.*, 2013). Aplikasi biochar juga meningkatkan penyimpanan air tanah (Wang *et al.*, 2016). Hal ini disebabkan oleh peningkatan kapasitas air kapiler tanah setelah aplikasi biochar sehingga menyebabkan peningkatan produktivitas budidaya tanaman, peningkatan aktivitas mikroba dalam tanah, dan tingkat yang lebih tinggi dari ketersediaan nutrisi, terutama P dan K (Biedermann dan Harpole, 2013). Kapasitas memegang air tanah dan air yang tersedia meningkat di tanah liat dan tanah lempung berpasir (Bruun *et al.*, 2014; Dugan *et al.*, 2010; Martinsen *et al.*, 2015). Kapasitas pegang air meningkat sebesar 11% pada biochar (9 t ha⁻¹) di tanah lempung berdebu, Finlandia Selatan (Karhu *et al.*, 2011). Peningkatan air yang tersedia dengan penambahan biochar memperbaiki struktur berpori (pori mikro dan meso) dan agregasi tanah (Obia *et al.*, 2016). Sifat kimia tanah juga diperbaiki seperti meningkatkan pH tanah (rasio Ca/Al yang lebih tinggi dan ketersediaan PO₄⁻³ dan kejenuhan basa meningkat) (Martinsen *et al.*, 2015); meningkatkan kapasitas retensi hara dan KTK tanah (Chan *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2006) dan dengan demikian mengurangi pencucian hara (Hale *et al.*, 2013; Martinsen *et al.*, 2014).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan manfaat penggunaan, seperti aplikasi 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung dan 40 t ha⁻¹ serasah jagung meningkatkan 242,95% P tersedia dan 10,4% KTK tanah (Inceptisol) di lahan kering Malang Selatan. Pemberian 20 t ha⁻¹ biochar serasah jagung menurunkan pH (14,47%) dan Ca (27,19%). Tinggi tanaman jagung berumur 49 HST berkisar 71,13 dan 92,90 cm (Sonia *et al.*, 2014). Peng *et al.* (2011) melaporkan bahwa biomassa jagung meningkat sebesar 64% (tanpa NPK) dan 146% (dengan NPK) setelah amandemen biochar pada tanah Ultisol. Hasil penelitian Widowati (2012-2013) pada tanah Inceptisol menunjukkan bahwa aplikasi biochar yang hanya 1 kali dapat mempertahankan hasil jagung selama tiga musim tanam meskipun tanpa penambahan pupuk SP₃₆ dan KCl pada musim tanam kedua dan ketiga. Demikian pula hasil penelitian Widowati (2014-2015), penambahan biochar sebelum tanam pada Inceptisol yang sedang mengalami degradasi telah

menghasilkan jagung pipilan kering yang relatif tetap selama tiga musim tanam. Biochar dapat digunakan secara luas sebagai agen untuk memperbaiki tanah, meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya, remediasi dan/atau proteksi melawan polusi lingkungan dan sebagai agen mitigasi gas rumah kaca (Lehmann & Joseph, 2015). Hasil-hasil penelitian terkini, mengindikasikan bawa biochar memiliki porositas yang tinggi (Downie *et al.*, 2009), luas dan muatan permukaan yang tinggi sehingga dapat memperbaiki sruktur tanah, bobot volume tanah, meningkatkan kapasitas tanah menyimpan air dan hara (Baronti *et al.*, 2014) dapat menambah unsur hara (Biederman & Harpole, 2013; Ding *et al.*, 2016), dan juga menjadi hunian yang aman dan nyaman bagi organisme tanah (Lehmann *et al.*, 2011). Biochar secara langsung memberikan efek pada tanaman kacang-kacangan seperti meningkatkan fiksasi N biologis (Mia *et al.*, 2014), meningkatkan toleransi kekeringan (pertumbuhan, efisiensi penggunaan air dan hubungan antara tanah-tanaman (emisi gas N₂O tanah) (Kammann *et al.*, 2011), dan meningkatkan potensial air daun (Baronti *et al.*, 2014).

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT

3.1. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh jenis biochar-pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung pada beberapa jenis tanah secara berkelanjutan di lahan kering.

3.2. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian bermanfaat untuk memaksimalkan strategi pengelolaan tanah dengan memberikan biochar-pupuk organik yang cocok dengan suatu jenis tanah di lahan kering sehingga mendukung keberlanjutan produksi tanaman dan mewujudkan ketahanan pangan.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Dua biochar dari tongkol jagung dan sekam padi dibuat dengan alat pirolisis fixed bed dengan sistem separator dan kondensor selama 4 jam pada suhu 350 – 5000C di Universitas Tribhuwana Tungadewi. Biochar dari limbah industri tembakau atau jengkok diproduksi dengan alat pirolisis extrusion Etia selama 15 menit pada suhu 700⁰C di PT. Gudang Garam, Tbk. Untuk pengukuran laboratorium, biochar kering dan diayak lebih dari 2 mm dengan karakteristik biochar dilaporkan oleh Widowati et al. (2017). Untuk uji coba pot di lapangan, biochar tongkol jagung dihaluskan (ukuran < 2 mm), jengkok dan sekam padi langsung diterapkan pada tanah. Dua pupuk organik dari pupuk kandang kotoran ayam (pukan) dan kompos dari sampah kota.

Lokasi lapangan (Kabupaten Malang bagian Selatan) untuk pengambilan sample tanah memiliki karakteristik tanah sangat bervariasi. Secara geografis, Kecamatan Donomulyo (112°23'30" – 112°29'64" BT dan 8°16'75" – 8°19'81" LS) terletak di dataran tinggi, tanah mineral tanpa atau sedikit perkembangan profil, belum mengalami perkembangan lebih lanjut sehingga hanya memiliki lapisan horizon yang dangkal (kedalaman tanah <30 cm), tergolong tanah muda yang miskin unsur hara dengan fraksi liat yang tinggi (Entisol Lithic Subgrup). Kecamatan Kalipare (21,95⁰ – 29,61⁰ BT dan 9,40⁰ – 16,48⁰ LS) terletak di lereng Gunung Kendeng dengan areal pertanian yang tidak mampu dijangkau oleh pengairan sistem irigasi sehingga mengakibatkan pertanian lahan kering/ tadah hujan, fraksi liat tinggi dan sangat keras sehingga tidak banyak tanaman yang bisa tumbuh (Inceptisol). Berbeda dengan Kecamatan Poncokusumo (8° 0' 23" S, 112° 46' 40" E) termasuk tanah muda tanpa perkembangan profil, dominasi fraksi pasir (Entisol) sehingga kemampuan tanah memegang air sangat rendah. Fraksi pasir yang tinggi mencirikan tanah miskin bahan organik sehingga Kapasitas Tukar Kation sangat rendah yang menyebabkan pencucian unsur hara tinggi.

Sample tanah diambil dari permukaan tanah (0- 30 cm) secara komposit. Tiga jenis tanah pertanian yang berbeda, dua jenis tanah liat (Inceptisol dan Entisol Lithic Subgrup) dan satu jenis tanah pasir (Entisol). Dua jenis tanah bertekstur liat, yaitu Inceptisol dengan pH 5,3; C organik 1,36%; pasir 11%; debu 24%; liat 65% dan Entisol Lithic Subgrup dengan pH 6,4; C organik 0,76%; pasir 9%; debu 15%; liat 76%. Tanah lainnya dari tekstur pasir berlempung (Entisol) dengan pH 5,6; C organik 0,48%; pasir 86%; debu 3%; liat 11%. Setelah pengeringan udara, tanah sebanyak 9 kg dimasukkan dalam polibag. Biochar dan pupuk organik diterapkan secara tunggal sebanyak 300 g pot⁻¹ maupun campuran sebanyak 150 g pot⁻¹. Tanah dan biochar dan atau pupuk organik dicampur secara merata dan diinkubasi selama 7 hari. Pot ditempatkan di lapangan secara acak sesuai dengan jenis tanah dengan jarak 80 x 25 cm.

Percobaan diatur dalam Rancangan Tersarang yang diulang tiga kali dan ada 8 tanaman jagung varietas Pertiwi 3 di setiap perlakuan sehingga total terdapat 864 polibag. Tiga jenis tanah (faktor pertama) dan pembenah tanah (faktor kedua yang tersarang pada faktor pertama) yang terdiri atas 12 perlakuan, yaitu: 1. Kontrol, 2. Biochar tongkol jagung (CT), 3. Biochar sekam padi (CS), 4.

Biochar jengkok tembakau (CJ), 5. Kompos (Ks), 6. Pukan (Pk), 7. Biochar tongkol jagung-kompos (CKs), 8. Biochar tongkol jagung-pukan (CT+Pk), 9. Biochar sekam padi-kompos (CS+Ks), 10. Biochar sekam padi-pukan (CS+Pk), 11. Biochar jengkok tembakau-kompos (CJ+Ks), 12. Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ+Pk). Biochar dan pupuk organik diterapkan sesuai perlakuan pada 7 Mei 2017 dan jagung ditanam pada musim tanam pertama (MT I) pada 19 Mei 2017 dan dipanen pada 4 September 2017. Akar tanaman dan batang disisakan dan tidak ikut dipanen. Jagung MT II ditanam 7 Agustus 2018 dan dipanen 20 Desember 2018. Pengamatan bahan organik tanah dan sifat fisik tanah dilakukan 18 Januari 2019. Pengukuran sifat fisik tanah dengan mengambil contoh tanah utuh (ring berdiameter 5 cm dan tinggi 5,5 cm) dari kedalaman 15 cm. Sampel tanah untuk mengukur kadar bahan organik tanah diambil secara komposit dari permukaan (0 - 20 cm). Hasil jagung diambil dari tanaman jagung MT II. Selama MT I dan II, tanaman dipupuk 100 kg P_2O_5 ha⁻¹ (bersamaan tanam) dan 110 kg K_2O ha⁻¹ dan 135 kg N ha⁻¹ (1/3 dosis saat umur 7 HST dan 2/3 dosis saat 28 HST). Hasil tanaman diukur dari jagung pipilan kering (kadar air 10 – 15%) dari 3 tanaman sampel.

Tanah yang diukur untuk pH H₂O (1:1); C organik dengan metode Walkey and Black, Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ) diukur dengan metode *constant head*, tekstur dengan metode hidrometer. Kapasitas retensi air tanah, dimulai dari tanah pertama kali jenuh dengan air (pF = 0), dibiarkan mengalir, dan setelah itu mendapat tekanan yang meningkat. Air tersedia bagi tanaman merupakan air yang berada antara pF = 2,5 (kapasitas lapangan) dan pF = 4,2 (titik layu permanen merupakan air yang tersisa sangat terikat kuat sehingga tidak bisa lagi diambil oleh akar tanaman). Berat kering (dikoreksi untuk jumlah akar dan kerikil dan dikeringkan pada 105°C) dan digunakan untuk menentukan bobot isi tanah (BI) dan bobot partikel tanah (BP). Porositas tanah dihasilkan dari rumus sebagai berikut: $(1 - (BI/BP)) \times 100$. Pori makro diperoleh dari selisih kadar air antara pF = 0 dan pF = 2,5 dan dikalikan dengan 100. Pori mikro dihasilkan dari kadar air pada pF = 4,2 dikalikan dengan 100. Pori meso diperoleh dari selisih kadar air volume antara pF = 2,5 dan pF = 4,2. Kadar C organik dengan metode Walkey and Black. Kadar N total dengan Kjeldahl, kadar P dengan metode Bray 1 (Entisol), metode Olsen (Inceptisol dan Entisol Lithic Subgrup), dan kadar K dengan NH_4OAC 1N pH:7.

Data dianalisis dengan software SPSS versi 13.0. Analisis ragam sesuai rancangan dan dilanjutkan dengan Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$.

BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1.1. PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN JAGUNG MUSIM TANAM KEDUA

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu faktor penentu pertumbuhan tanaman. Tanaman akan semakin bertambah tinggi dari awal umur pengamatan yaitu 6 MST dan 8 MST. Pada Tabel 2 menjelaskan bahwa respon aplikasi biochar dan pupuk organik baik secara tunggal dan kombinasi menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara residu biochar terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada ketiga jenis tanah yaitu Inseptisol, entisol dan Entisol lithic subgrup. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 1, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.	
	6 MST	8 MST
Jenis Tanah	0.000	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.991	0.614
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.916	0.872
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.761	0.099
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.989	0.887

Tabel 1. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel tinggi tanaman.

Jenis Tanah

Tabel 1. menunjukkan pada 6 MST dan 8 MST nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman baik pada 6 MST maupun pada 8 MST.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 1. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.991 > \alpha (=0.05)$ dan $0.614 > \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap tinggi tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 1. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.916 > \alpha (=0.05)$ dan $0.872 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap tinggi tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 1. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.761 > \alpha (=0.05)$ dan $0.099 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap tinggi tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 1. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.989 > \alpha (=0.05)$ dan $0.887 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap tinggi tanaman.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol		Entisol		Entisol lithic subgrup	
	6 mst	8mst	6 mst	8mst	6 mst	8mst
Kontrol	0.56 ^{TN}	1.25 ^{TN}	0.49 ^{TN}	0.96 ^{TN}	0.31 ^{TN}	0.82 ^{TN}
T	0.62 ^{TN}	1.43 ^{TN}	0.55 ^{TN}	1.25 ^{TN}	0.35 ^{TN}	1.03 ^{TN}
S	0.62 ^{TN}	1.36 ^{TN}	0.54 ^{TN}	1.29 ^{TN}	0.37 ^{TN}	1.00 ^{TN}
J	0.56 ^{TN}	1.24 ^{TN}	0.54 ^{TN}	1.35 ^{TN}	0.33 ^{TN}	0.88 ^{TN}
K	0.58 ^{TN}	1.32 ^{TN}	0.56 ^{TN}	1.22 ^{TN}	0.34 ^{TN}	0.83 ^{TN}
A	0.56 ^{TN}	1.29 ^{TN}	0.59 ^{TN}	1.40 ^{TN}	0.34 ^{TN}	0.88 ^{TN}
TK	0.61 ^{TN}	1.37 ^{TN}	0.59 ^{TN}	1.36 ^{TN}	0.38 ^{TN}	0.93 ^{TN}
TA	0.60 ^{TN}	1.32 ^{TN}	0.59 ^{TN}	1.34 ^{TN}	0.37 ^{TN}	0.94 ^{TN}
SK	0.60 ^{TN}	1.41 ^{TN}	0.60 ^{TN}	1.41 ^{TN}	0.34 ^{TN}	0.88 ^{TN}
SA	0.63 ^{TN}	1.44 ^{TN}	0.60 ^{TN}	1.40 ^{TN}	0.37 ^{TN}	0.84 ^{TN}
JK	0.57 ^{TN}	1.33 ^{TN}	0.54 ^{TN}	1.30 ^{TN}	0.32 ^{TN}	0.83 ^{TN}
JA	0.55 ^{TN}	1.26 ^{TN}	0.60 ^{TN}	1.30 ^{TN}	0.37 ^{TN}	0.89 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Pada tanah Inseptisol, entisol dan Entisol lithic subgrup perlakuan residu dosis biochar umur 6 MST dan 8 MST menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Hal ini diduga biochar pada musim tanam kedua belum sepenuhnya tersedia secara optimal sehingga tidak berpengaruh pada pertumbuhan tinggi tanaman jagung yang diamati. Sifat dari biochar adalah sangat sulit terdekomposisi dan lama tersedia sehingga biochar mampu bertahan sampai ratusan tahun di dalam tanah (Gani, 2009).

Pada umumnya tinggi tanaman akan selalu bertambah di setiap umur pengamatan hal ini dikarenakan adanya pengaruh faktor lingkungan dan faktor genetik. Peranan unsur hara Nitrogen di dalam tanaman juga tidak kalah pentingnya karena unsur hara nitrogen merupakan bahan dasar pembentukan protein dan pembentukan klorofil, karena itu nitrogen memiliki fungsi membuat bagian tanaman menjadi lebih hijau, banyak mengandung butir hijau dan yang paling penting adalah proses fotosintesis, mempercepat pertumbuhan tanaman

yang dalam hal ini mampu menambah jumlah anakan, tinggi tanaman, ukuran daun dan besar gabah sehingga gabah memiliki kualitas yang baik (Dobermann and Fairhurst, 2000).

Berat Total Tanaman

Pada hasil analisis sidik ragam tanah entisol menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata terhadap residu dosis biochar terhadap berat total tanaman umur 8 MST sedangkan, pada tanah Inseptisol dan Entisol lithic subgrup tidak menunjukkan adanya pengaruh interaksi antara residu biochar baik pada umur tanaman 6 MST dan 8 MST. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 3, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel berat total tanaman.

Tabel 3. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.	
	6 MST	8 MST
Jenis Tanah	0.000	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.750	0.002
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.137	0.878
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.830	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.986	0.337

Jenis Tanah

Tabel 3. menunjukkan pada 6 MST dan 8 MST memiliki nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap berat total tanaman baik pada 6 MST maupun 8 MST.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 3. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.750 > \alpha (=0.05)$ dan $0.002 < \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap berat total tanaman pada 6 MST sedangkan pada 8 MST biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap berat total tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 3. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.137 > \alpha (=0.05)$ dan $0.878 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap berat total tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 3. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.830 > \alpha (=0.05)$ dan $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap berat total

tanaman pada 6 MST sedangkan pada 8 MST biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol berpengaruh secara signifikan terhadap berat total tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 3. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.986 > \alpha (=0.05)$ dan $0.337 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat total tanaman.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 4.

Pada tanah entisol hasil pengamatan terhadap berat total tanaman menunjukkan bahwa perlakuan Biochar tongkol jagung-pukan (TA) mampu menghasilkan bobot total tanaman terbaik di umur 8 MST yaitu sebesar 5.45 g dan berbeda dengan perlakuan kompos (K), biochar sekam padi-kompos (SK), biochar sekam padi-pukan (SA), biochar jengkok tembakau-kompos (JK). Hal ini membuktikan bahwa jenis tanah entisol apabila diaplikasikan dengan biochar dan pupuk organik memiliki peranan penting dalam menyumbang hara ke tanah sehingga dapat meningkatkan bobot total tanaman, komposisi hara jerami, pengelolaan dan air tanah akan memiliki nilai yang tinggi (Ponnamperuma, 1984).

Penggunaan biochar selain mampu memperbaiki kualitas tanah, juga mampu meningkatkan produksi tanaman. Hasil studi Igarashi (2002) melaporkan bahwa adanya pengaruh pemberian biochar dari sekam padi yang dicampur dengan kapur terhadap pertumbuhan tanaman kedelai dan jagung. Penelitian di Amazone memperlihatkan bahwa adanya penambahan biochar mampu meningkatkan hasil padi dan sorgum hingga 49% bila dibandingkan tanpa adanya biochar (Glaser *et al*, 2002)

Tabel 4. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol		Entisol		Entisol lithic subgrup	
	6 mst	8mst	6 mst	8mst	6 mst	8mst
Kontrol	1.80 ^{TN}	2.45 ^{TN}	1.08 ^{TN}	2.75 a	1.03 ^{TN}	2.59 ^{TN}
T	2.20 ^{TN}	2.96 ^{TN}	1.58 ^{TN}	5.12 cd	0.92 ^{TN}	2.46 ^{TN}
S	2.54 ^{TN}	2.60 ^{TN}	1.69 ^{TN}	5.29 cd	1.24 ^{TN}	3.13 ^{TN}
J	2.47 ^{TN}	2.64 ^{TN}	1.56 ^{TN}	5.07 cd	0.86 ^{TN}	2.46 ^{TN}
K	2.03 ^{TN}	2.22 ^{TN}	1.48 ^{TN}	4.16 b	1.03 ^{TN}	2.06 ^{TN}
A	1.78 ^{TN}	2.64 ^{TN}	1.71 ^{TN}	5.11 cd	0.83 ^{TN}	3.10 ^{TN}
TK	2.23 ^{TN}	2.79 ^{TN}	1.63 ^{TN}	5.23 cd	0.81 ^{TN}	2.93 ^{TN}
TA	1.71 ^{TN}	2.46 ^{TN}	1.66 ^{TN}	5.45 d	1.08 ^{TN}	3.36 ^{TN}
SK	1.89 ^{TN}	2.40 ^{TN}	1.61 ^{TN}	4.10 b	0.95 ^{TN}	2.37 ^{TN}
SA	2.22 ^{TN}	3.02 ^{TN}	1.60 ^{TN}	4.02 b	0.98 ^{TN}	2.73 ^{TN}
JK	1.83 ^{TN}	2.32 ^{TN}	1.45 ^{TN}	4.30 b	0.91 ^{TN}	2.67 ^{TN}
JA	1.99 ^{TN}	2.81 ^{TN}	1.67 ^{TN}	4.80 c	0.91 ^{TN}	2.93 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Sedangkan, penggunaan jerami sebagai bahan baku pembuatan biochar organik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N, meningkatkan bobot tanaman serta mampu memperbaiki kesuburan tanah dengan menyediakan unsur hara terutama K, selain itu dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Adiningsih *et al.* 1999). Sedangkan, pada tanah Inseptisol dan Entisol lithic subgrup residu biochar tidak memperlihatkan pengaruh nyata pada komponen berat total tanaman musim tanaman kedua. Menurut Steiner *et al* (2007) menyatakan bahwa manfaat kombinasi pemberian biochar dan pemupukan terhadap tanaman sorgum baru akan terlihat setelah musim tanam ketiga.

Indek Luas Daun

Luas daun merupakan salah satu parameter pengamatan analisis pertumbuhan tanaman dimana nilai Indeks luas daun didapatkan dari perbandingan setiap unit luas permukaan tanah yang ditutup oleh daun. luas permukaan organ-organ tanaman yang melakukan fotosintesis atau organ yang mengandung klorofil. Pada ketiga jenis tanah Inseptisol, entisol dan Entisol lithic subgrup tidak menghasilkan hasil yang tidak berbeda nyata di setiap perlakuan baik aplikasi biochar tunggal maupun di kombinasi dengan pupuk organik (Tabel 6).

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 5, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel ILD.

Jenis Tanah

Tabel 1. Menunjukkan pada 6 MST dan 8 MST memiliki nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap ILD baik pada 6 MST maupun 8 MST.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 1. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.550 > \alpha$ (=0.05) dan $0.748 > \alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap ILD.

Tabel 5. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.	
	6 MST	8 MST
Jenis Tanah	0.000	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.550	0.748
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.076	0.847
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.988	0.975
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.626	0.144

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 5. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.076 > \alpha (=0.05)$ dan $0.847 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap ILD.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 5. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.988 > \alpha (=0.05)$ dan $0.975 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap ILD.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgroup

Tabel 5. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.626 > \alpha (=0.05)$ dan $0.144 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgroup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap ILD.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol		Entisol		Entisol lithic subgroup	
	6 mst	8mst	6 mst	8mst	6 mst	8mst
Kontrol	1.70 ^{TN}	2.34 ^{TN}	1.24 ^{TN}	1.85 ^{TN}	1.04 ^{TN}	1.47 ^{TN}
T	1.89 ^{TN}	2.57 ^{TN}	1.47 ^{TN}	2.12 ^{TN}	0.83 ^{TN}	1.67 ^{TN}
S	2.18 ^{TN}	2.28 ^{TN}	1.51 ^{TN}	2.39 ^{TN}	1.29 ^{TN}	1.95 ^{TN}
J	2.25 ^{TN}	1.85 ^{TN}	1.41 ^{TN}	2.46 ^{TN}	0.91 ^{TN}	1.53 ^{TN}
K	1.68 ^{TN}	2.34 ^{TN}	1.46 ^{TN}	2.33 ^{TN}	1.08 ^{TN}	1.32 ^{TN}
A	1.63 ^{TN}	2.56 ^{TN}	1.57 ^{TN}	2.34 ^{TN}	0.74 ^{TN}	1.89 ^{TN}
TK	1.71 ^{TN}	2.45 ^{TN}	1.37 ^{TN}	2.32 ^{TN}	0.84 ^{TN}	1.94 ^{TN}
TA	1.48 ^{TN}	2.40 ^{TN}	1.56 ^{TN}	2.42 ^{TN}	1.21 ^{TN}	1.66 ^{TN}
SK	1.79 ^{TN}	2.53 ^{TN}	1.46 ^{TN}	2.36 ^{TN}	0.85 ^{TN}	2.67 ^{TN}
SA	1.99 ^{TN}	2.43 ^{TN}	1.56 ^{TN}	2.21 ^{TN}	1.06 ^{TN}	1.97 ^{TN}
JK	1.59 ^{TN}	2.55 ^{TN}	1.40 ^{TN}	2.21 ^{TN}	0.93 ^{TN}	1.54 ^{TN}
JA	1.65 ^{TN}	2.70 ^{TN}	1.49 ^{TN}	2.31 ^{TN}	0.96 ^{TN}	1.77 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Berdasarkan Tabel 6, pada saat tanaman berumur 6 MST nilai indeks luas daun tertinggi dihasilkan pada perlakuan biochar jengkok tembakau (J) pada tanah entisol dan saat tanaman berumur 8 MST nilai indeks luas daun tertinggi dihasilkan pada perlakuan biochar jengkok-pupuk kandang (TA) pada tanah entisol meskipun dari ketiga jenis tanah tersebut jika di analisa tidak memunculkan hasil yang berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa daun-daun tanaman mampu mengintersepsi cahaya matahari secara maksimal sehingga daun mampu melakukan fotosintesis dengan maksimal. Indeks luas daun mengalami peningkatan dari umur tanaman 6 MST hingga 8 MST.

Menurut Puspa *et al* (2015) Luas daun yang tinggi menggambarkan proses fotosintesis berlangsung, semakin bertambahnya indeks luas daun maka fotosintesis semakin tinggi. Proses fotosintesis yang maksimal akan dapat menghasilkan fotosintat secara maksimal sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Namun menurut Junita *et al* (2002) bahwa luas daun yang besar pada suatu lahan yang luas belum tentu menunjukkan bahwa setiap individu mampu menyerap energi matahari secara efektif. Hal ini terjadi karena antara daun yang satu dengan lainnya dapat saling menaungi, sehingga tidak mendapatkan sinar matahari penuh dan daun yang ternaungi tersebut tidak efektif karena proses fotosintesis terhambat.

Luas Area Spesifik (SLA)

Tabel 4 menunjukkan bahwa umur pada umur 6 MST ketiga jenis tanah memiliki nilai luas daun spesifik yang tidak berbeda nyata. Sedangkan, saat umur 8 MST pada tanah Entisol lithic subgrup nilai luas daun spesifik memiliki hasil yang berbeda nyata. Pertumbuhan nilai SLA pada semua perlakuan menurun hingga umur 8 MST. Hal ini terjadi karena bobot kering tanaman menurun menjelang panen. Perlakuan yang memiliki efisiensi pembentukan luas daun spesifik tertinggi pada fase generatif hingga panen adalah perlakuan kompos pada tanah Entisol lithic subgrup.

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 7, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.	
	6 MST	8 MST
Jenis Tanah	0.034	0.245
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.635	0.211
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.719	0.972
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.772	1.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.242	0.001

Tabel 7. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel SLA.

Jenis Tanah

Tabel 7. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.034 < \alpha$ (=0.05) dan $0.245 > \alpha$ (=0.05), sehingga pada 6 MST jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap SLA sedangkan pada 8 MST jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap SLA..

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 7. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.635 > \alpha$ (=0.05) dan $0.211 > \alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap SLA.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 7. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.719 > \alpha(=0.05)$ dan $0.972 > \alpha(=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap SLA.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 7. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.772 > \alpha(=0.05)$ dan $1.000 > \alpha(=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap SLA.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 7. menunjukkan nilai sig pada 6 MST dan 8 MST berturut-turut adalah $0.242 > \alpha(=0.05)$ dan $0.001 < \alpha(=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap SLA pada 6 MST sedangkan pada 8 MST biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap SLA.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)

Perlakuan	Inseptisol		Entisol		Entisol lithic subgrup	
	6 mst	8mst	6 mst	8mst	6 mst	8mst
Kontrol	156.32 ^{TN}	110.47 ^{TN}	175.30 ^{TN}	121.99 ^{TN}	144.37 ^{TN}	100.56 a
T	126.58 ^{TN}	118.91 ^{TN}	143.83 ^{TN}	102.05 ^{TN}	113.14 ^{TN}	119.51 ab
S	135.31 ^{TN}	96.57 ^{TN}	140.92 ^{TN}	115.54 ^{TN}	125.08 ^{TN}	107.47 a
J	135.54 ^{TN}	76.34 ^{TN}	131.86 ^{TN}	122.12 ^{TN}	123.40 ^{TN}	94.27 a
K	139.56 ^{TN}	127.14 ^{TN}	146.51 ^{TN}	130.89 ^{TN}	175.91 ^{TN}	222.56 b
A	123.35 ^{TN}	113.85 ^{TN}	158.43 ^{TN}	114.77 ^{TN}	118.47 ^{TN}	116.18 ab
TK	123.87 ^{TN}	99.95 ^{TN}	138.76 ^{TN}	112.79 ^{TN}	129.17 ^{TN}	110.71 a
TA	105.97 ^{TN}	107.94 ^{TN}	150.96 ^{TN}	120.40 ^{TN}	131.84 ^{TN}	90.39 a
SK	119.80 ^{TN}	106.65 ^{TN}	132.70 ^{TN}	113.31 ^{TN}	115.26 ^{TN}	183.59 ab
SA	127.25 ^{TN}	99.32 ^{TN}	133.83 ^{TN}	110.62 ^{TN}	153.39 ^{TN}	117.22 ab
JK	117.30 ^{TN}	111.12 ^{TN}	138.45 ^{TN}	106.40 ^{TN}	136.06 ^{TN}	102.69 a
JA	114.78 ^{TN}	113.88 ^{TN}	135.22 ^{TN}	115.94 ^{TN}	133.00 ^{TN}	98.40 a

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Tabel 8 menunjukkan bahwa peningkatan spesifik luas area daun cenderung mengalami penurunan pada setiap umur pengamatan. Hasil yang berbeda nyata hanya berlaku pada tanah Entisol lithic subgrup pada umur 8 MST dengan nilai tertinggi 222.56 pada perlakuan aplikasi pupuk organik (kompos) tunggal. Luas daun Spesifik (LDS) atau Specific Leaf Area (SLA) adalah hasil bagi antara luas daun dengan bobot kering daun. LDS mengandung informasi mengenai ketebalan daun yang mencerminkan unit organela fotosintesis. Sitompul dan guritno (1995) Kuantitas cahaya merupakan faktor yang dominan dari biomassa tanaman dalam memicu aktivitas sifat genetik tanaman yang mengendalikan LDS. Tanaman yang memiliki nilai LDS yang rendah akan memiliki daun yang lebih

sempit dan tebal, namun memiliki produksi bobot kering tanaman yang besar. Sutoro *et al.* (2008) menyatakan bahwa nilai LDS tidak berpengaruh langsung terhadap bobot biji.

Berat Jagung tanpa Kelobot

Berat tongkol jagung merupakan hasil utama yang dimanfaatkan oleh petani. Berdasarkan hasil analisis nested design menunjukkan bahwa ada beda nyata atas perlakuan terhadap parameter berat jagung tanpa klobot. Hasil rerata berat jagung tanpa klobot disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 9, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 10.

Tabel 9. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.045

Tabel 9. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel berat jagung tanpa kelobot.

Jenis Tanah

Tabel 9. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap berat jagung tanpa kelobot.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 9. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap berat jagung tanpa kelobot.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 9. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat jagung tanpa kelobot.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 9. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat jagung tanpa kelobot.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 9. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.045) < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat jagung tanpa kelobot.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 10.

Berdasarkan Tabel 10, residu dari aplikasi biochar dan pupuk organik baik secara tunggal dan kombinasi di ketiga jenis tanah menunjukkan adanya pengaruh yang nyata terhadap berat jagung tanpa klobot. Pada tanah Inseptisol perlakuan biochar sekam padi-pupuk kandang memiliki hasil yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan pupuk kandang dan kontrol. Pada tanah entisol perlakuan biochar sekam padi, biochar tongkol jagung-pupuk kandang, biochar sekam padi-pupuk kandang, biochar jengkok tembakau-kompos dan biochar jengkok tembakau-pupuk kandang berbeda nyata dengan perlakuan biochar jengkok tembakau dan Kompos. Sedangkan, pada tanah Entisol lithic subgroup perlakuan pupuk kandang secara tunggal memiliki hasil tertinggi pada parameter berat jagung tanpa klobot hasil ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar sekam padi.

Tabel 10. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

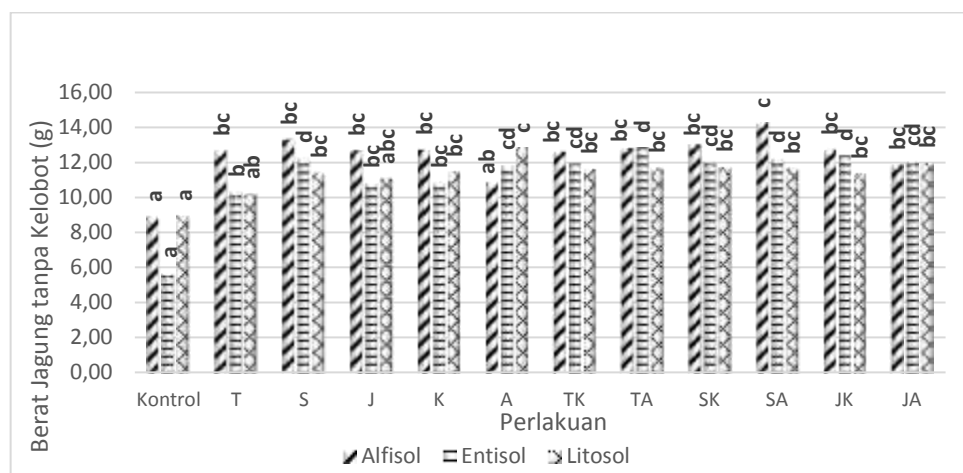
Perlakuan	Inseptisol	Entisol	Entisol lithic subgroup
Kontrol	8.85 a	5.66 a	8.92 a
T	12.63 bc	10.26 b	10.13 ab
S	13.25 bc	12.20 d	11.35 bc
J	12.63 bc	10.78 bc	11.01 abc
K	12.67 bc	10.81 bc	11.42 bc
A	10.81 ab	11.81 cd	12.77 c
TK	12.56 bc	11.86 cd	11.56 bc
TA	12.76 bc	12.80 d	11.62 bc
SK	12.97 bc	11.96 cd	11.68 bc
SA	14.21 c	12.19 d	11.59 bc
JK	12.67 bc	12.34 d	11.30 bc
JA	11.82 bc	12.02 cd	11.90 bc

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Hasil penelitian di Jepang melaporkan bahwa lahan yang diberi biochar meningkatkan frekuensi bakteri fiksasi nitrogen sebesar 10-15% di Hokkaido dan Tohoku (Honshu Utara), 36-48% di Kanto hingga Chugoku (Honshu sebelah Timur-Barat), dan 59-66% di Kyusu. Biochar yang berasal dari sekam padi mampu menurunkan kandungan residu pestisida di dalam tanah hingga 70%. Pori biochar sebagai rumah ideal bagi bakteri *Pseudomonas* sp yang berfungsi sebagai pendegradasi karbofuran hingga lebih dari 50%. Kualitas arang aktif ditunjukkan dengan nilai daya serap Iod di mana berdasarkan ketetapan dari SNI 06-3730-1995 (Harsanti dan Ardiwinata, 2011). Menurut Murata dan Matshushima (1978) kadar nitrogen tinggi diatas 3,5% sudah cukup untuk merangsang pembentukan anakan tanaman padi, sedangkan pada kadar 2,5% pembentukan anakan akan terhenti, dan bila kadar N tanaman kurang dari 1,5% anakan-anakan akan mati.

Pada penelitian Gusmini dan Anita, 2008 Pemupukan organik dan aplikasi biochar mendapatkan hasil yang nyata terhadap peningkatan berat tongkol tanpa kelobot tanaman jagung. Pemberian biochar yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk Urea, SP36 dan KCl dapat meningkatkan kesuburan tanah terutama hara fosfat dan kalium melalui perbaikan sifat fisika tanah sehingga perakaran tanaman dapat tumbuh dengan baik, ketersediaan hara tercukupi sehingga dapat mendorong berat tongkol tanpa kelobot tanaman jagung. Pemberian biochar diikuti oleh penambahan pupuk organik dapat meningkatkan jumlah berat tongkol tanpa kelobot tanaman jagung karena hara tersedia terutama fosfat tercukupi.



Gambar 1. Rata-rata berat jagung tanpa klobot tanah Inseptisol, entisol, Entisol lithic subgrup

Berat Jagung Pipilan Kering

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 11, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 12.

Tabel 11. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.024

Tabel 11. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel berat pipilan kering.

Jenis Tanah

Tabel 11. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap berat pipilan kering.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 11. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap berat pipilan kering.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 11. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat pipilan kering.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 11. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat pipilan kering.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 11. menunjukkan nilai sig (0.024) < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat pipilan kering.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 12.

Hasil rerata tertinggi pada tabel 12. dimana berat pipilan kering pada tanah Inseptisol pada perlakuan Biochar sekam padi-pukan yaitu 7,68 kg dan rerata terendah yaitu kontrol (3,48 kg) dan berbeda nyata berdasarkan hasil uji statistik. Pada tanah entisol perlakuan terbaik yaitu Biochar tongkol jagung-pukan dengan hasil tertinggi sebesar 6,90 kg perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Biochar sekam padi dan Kompos Sedangkan, untuk tanah Entisol lithic subgrup perlakuan Pukan memiliki hasil berat pipilan kering tertinggi (6,59 kg) dibandingkan dengan perlakuan Biochar tongkol jagung (5,07 kg). Pemberian biochar diikuti oleh penambahan pupuk organik dapat meningkatkan jumlah hasil (berat pipilan kering) jagung karena hara tersedia terutama unsur nitrogen, fosfat, kalium tercukupi.

Tabel 12. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol	Entisol	Entisol lithic subgrup
Kontrol	3.48 a	2.80 a	4.39 a
T	6.54 b	5.42 b	5.07 ab
S	6.93 b	6.15 cde	5.90 bc
J	6.43 b	5.81 bc	5.40 abc
K	6.76 b	6.09 cd	5.75 bc
A	6.65 b	6.62 def	6.59 c
TK	6.51 b	6.79 ef	5.83 bc
TA	6.96 b	6.90 f	5.93 bc
SK	6.68 b	6.36 cdef	6.07 bc

SA	7.68 b	6.48 cdef	5.84 bc
JK	6.70 b	6.31 cdef	5.66 bc
JA	6.35 b	6.50 def	6.20 bc

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Hasil penelitian Gebremedhin et al. (2015) menggunakan empat kombinasi yang berbeda dari biochar dan kompos selain pupuk kimia. Hasil penelitian menunjukkan biochar meningkatkan gabah dan jerami hasil gandum secara signifikan, masing-masing 15,7% dan 16,5%, selama aplikasi NP (kontrol). Selain itu, biomassa akar secara signifikan meningkat sebesar 20%. Hal ini menunjukkan bahwa biochar mempertahankan unsur hara dan air untuk meningkatkan produktivitas gandum. Tanaman segar dan berat kering tomat, tanaman lada dan selada lebih tinggi pada 4 kg /ha dengan perlakuan biochar daripada di perlakuan lainnya. Demikian pula menurut Muhittin Akça and Namli (2015), amandemen tanah dengan biochar meningkatkan hasil tanaman dan aktivitas enzim dengan meningkatnya kandungan bahan organik tanah serta meningkatkan sifat-sifat tanah.

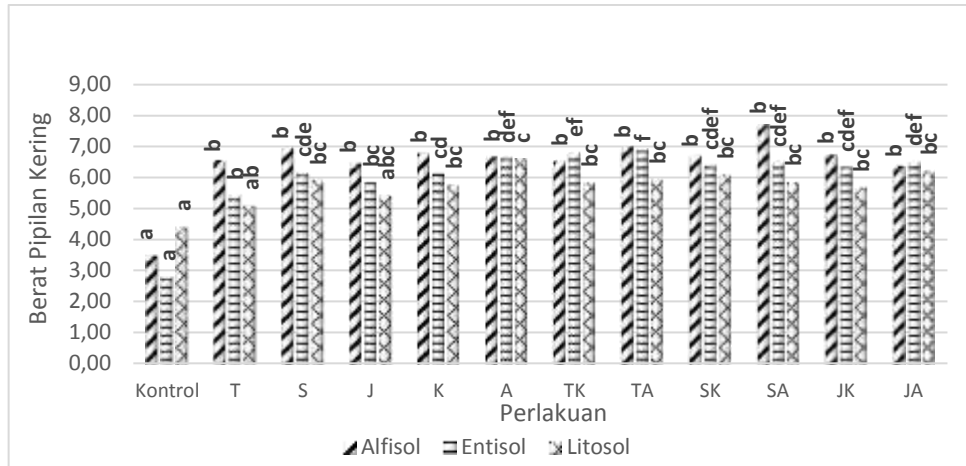
Hasil tanaman meningkat 50,1% dengan pemberian pupuk kandang, tetapi jenis pembenah tanah lainnya meningkat 18,5% pada Entisol Lithic Subgrub. Berbagai jenis pembenah tanah meningkatkan hasil tanaman 92,5% pada Inceptisol. Nampaknya hasil tanaman terbaik pada Entisol Lithic Subgrub dihasilkan dari variasi sifat fisik tanah akibat pemberian pupuk kandang meskipun di akhir pengamatan pupuk kandang menunjukkan kadar bahan organik paling rendah. Meskipun penggunaan biochar jengkok yang tertinggi dalam meningkatkan bahan organik tanah tetapi sifat fisik tanah juga berpengaruh terhadap hasil tanaman jagung. Menurut Ronnie W. Schnell, Donald M. Vietor, Tony L. Provin, Clyde L. Munster, and Sergio Capareda (2012), tingkat nutrisi dalam amandemen biochar secara signifikan lebih rendah dibandingkan pupuk anorganik. Silva et al. (2016) menjelaskan bahwa ketiga jenis biochar meningkatkan sifat tanah dan meningkatkan hasil dan akumulasi nutrisi dalam biji-bijian tanaman kacang. Biochar meningkatkan ketersediaan nutrisi untuk tanaman dan / atau meningkatkan kualitas tanah untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Chan et al. (2007), selain biochar mempromosikan perubahan positif dalam kualitas tanah, seperti perbaikan keasaman, meningkat KTK, dan meningkatkan lingkungan untuk pertumbuhan akar. Efek ini meningkatkan efisiensi penggunaan hara yang lebih besar dan penyerapan oleh tanaman.

Tanaman jagung yang ditanam pada tanah berpasir yang mengandung bahan organik tanah yang rendah, unsur hara yang tersedia rendah, dan kapasitas memegang air rendah. Untuk alasan ini, menambah biochar amandemen tanah

bisa menyebabkan peningkatan air dan retensi hara. Dibandingkan dengan tanah saja. Biochar limbah tebu dan kayu putih dapat meningkatkan aerasi tanah dan air infiltrasi (Alicia B. Speratti, Mark S. Johnson, Heiriane Martins Sousa, Gilmar Nunes Torres and Eduardo Guimarães Couto, 2017). Penggunaan jenis bahan pembenah tanah pada tanah liat akan memberikan dampak yang berbeda pada peningkatan hasil tanaman. Ketersediaan sumber daya seperti air dan unsur hara merupakan penentu utama produksi biomassa dan partisi nya antara akar dan tunas (Bonifas et al., 2005). Implikasi dari hasil penelitian ini bahwa setiap jenis tanah membutuhkan input bahan pembenah tanah yang paling efektif untuk meningkatkan hasil tanaman sekalipun tekstur sama (liat). Peningkatan hasil tanaman mencapai 146,4% dari pemberian biochar tongkol+pupuk kandang, sedangkan penggunaan bahan pembenah lainnya meningkat 123,3% pada Entisol. Hasil tanaman tertinggi pada Entisol maupun Entisol Lithic Subgrup (Tabel 5) bukan dihasilkan dari bahan organik tanah tertinggi (Tabel 61). Bahan organik tanah bukan satu-satunya faktor penentu hasil tanaman tetapi masih ada sifat fisik tanah yang saling mempengaruhi akibat perubahan bahan organik tanah. Hasil penelitian ini (khususnya pada tanah liat) sejalan dengan Yeboah et al. (2009), menunjukkan manfaat dari penerapan gabungan dari kotoran ternak dan biochar untuk produksi jagung yang lebih baik. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan Jeffery et al. (2017) yang melakukan meta-analisis untuk menyelidiki kendala tanah dan melaporkan peningkatan hasil tanaman rata-rata 25% di tanah tropis pada penambahan biochar, sebagian besar melalui pengapuran dan pengaruh nutrisi (N dan retensi K, P dan ketersediaan dan penambahan K langsung). Pertanian konservasi merupakan pertanian presisi, yang menggabungkan persiapan lahan minimum, rotasi tanaman, dan retensi residu. Amandemen biochar bisa menjadi kombinasi yang menjanjikan untuk meningkatkan hasil panen pada tanah masam berpasir, namun tidak ada efek signifikan pada hasil panen jagung pada tanah liat netral (Cornelissen et al. 2013).

Selanjutnya Subagyo et al., 2001 menyatakan bahwa pemberian pupuk organik mampu meningkatkan tinggi tanaman kedelai. Pemupukan organik pada tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah yaitu perbaikan sifat kimia tanah berupa peningkatan kandungan dan ketersediaan unsur hara terutama fosfat. Dengan peningkatan ketersediaan hara N, P, dan K maka tanaman tercukupi ketersediaan hara, sehingga dapat meningkatkan hasil (berat pipilan kering) jagung. Tanaman jagung respon terhadap aplikasi biochar dan pemberian pupuk organik. Peningkatan hasil (berat pipilan kering) jagung ini disebabkan oleh perbaikan sifat kimia tanah diantaranya adalah meningkatnya kadar N dan P dalam tanah (Subandi, dkk., 1998). Simanungkalit et al., (2006) pemberian pupuk kandang 5 ton/ha dikombinasikan dengan biochar pada tanaman jagung pada lahan kering masam dapat memberikan hasil biji pipilan kering sebesar 3,4 ton/ha. Secara umum perlakuan pupuk kompos dan biochar pada tanaman jagung di

tanah gambut belum berhasil dikarenakan faktor lingkungan dan kemampuan lahan.



Gambar 2. Rata-rata berat pipilan kering tanah Inseptisol, entisol dan Entisol lithic subgrup

Berat 100 Biji/Tanaman

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 13, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 14.

Tabel 13. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.056
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.007
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.117
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.916

Tabel 13. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel berat 100 biji per tanaman.

Jenis Tanah

Tabel 13. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap berat 100 biji per tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 13. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.056) > \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap berat 100 biji per tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 13. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.007) < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat 100 biji per tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 13. menunjukkan nilai sig (0.117) > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap berat 100 biji per tanaman.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 13. menunjukkan nilai sig (0.916) > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap berat 100 biji per tanaman.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 14.

Hasil pengamatan berat 100 biji tanaman menunjukkan adanya perbedaan (DMRT<0,05) Tabel 2 pada perlakuan residu biochar dan perlakuan biochar dikombinasikan dengan pupuk organik. Hasil 100 biji tertinggi pada tanah Inseptisol dihasilkan oleh perlakuan Biochar tongkol jagung (T) yaitu sebanyak 35.44 g perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Pukan (A) yang hanya sebanyak 28.33 g. Sedangkan, untuk tanah entisol dan Entisol lithic subgrup tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata di seluruh perlakuan untuk parameter berat 100 biji tanaman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komponen hasil tanaman jagung dalam parameter 100 biji tanaman secara umum dipengaruhi perlakuan biochar dan aplikasi pupuk kandang secara tunggal.

Hasil yang sama ditunjukkan oleh Sukartono *et al.*, (2011), dimana aplikasi biochar untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung di lahan terdegradasi di Lombok. Biochar merupakan bahan organik yang tahan terhadap proses dekomposisi sehingga dapat bertahan lama di dalam tanah. Pengaruh biochar terhadap peningkatan produktivitas tanah mampu melalui perbaikan sifat kimi, biologi, fisika tanah ditunjukkan oleh beberapa penelitian (Glaser *et al*, 2002 ; Lehmann *et al.*, 2003; Chan *et al.*, 2007). Telah banyak dilaporkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan pH tanah dan KTK tanah (Liang *et al.*, 2006; Yamato *et al*, 2006) , Lehmann *et al.*, (2003) dan Stainer *et al.*, (2007) telah melaporkan adanya peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen pada tanah yang mengandung biochar.

Tabel 14. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol	Entisol	Entisol lithic subgrup
Kontrol	31.33 abc	27.00 ^{TN}	27.67 ^{TN}
T	35.44 c	29.22 ^{TN}	26.34 ^{TN}
S	30.44 abc	31.33 ^{TN}	26.33 ^{TN}
J	32.44 abc	30.00 ^{TN}	26.33 ^{TN}
K	30.88 abc	30.00 ^{TN}	26.33 ^{TN}
A	28.33 ab	30.67 ^{TN}	27.44 ^{TN}
TK	30.44 abc	30.78 ^{TN}	25.11 ^{TN}
TA	30.11 abc	33.33 ^{TN}	26.67 ^{TN}
SK	33.00 abc	31.44 ^{TN}	27.11 ^{TN}
SA	33.77 bc	32.78 ^{TN}	27.56 ^{TN}
JK	30.22 abc	31.11 ^{TN}	27.33 ^{TN}

JA	27.89 a	32.22 ^{TN}	28.67 ^{TN}
----	---------	---------------------	---------------------

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Berat Tongkol tanpa Biji

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 15, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 16.

Tabel 15. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.005
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.007
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.007
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.489

Tabel 15. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig $< \alpha(=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel berat tongkol tanpa biji.

Jenis Tanah

Tabel 15. menunjukkan nilai sig (0.000) $< \alpha(=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap berat tongkol tanpa biji.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 15. menunjukkan nilai sig (0.005) $< \alpha(=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap berat tongkol tanpa biji.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 15. menunjukkan nilai sig (0.007) $< \alpha(=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat tongkol tanpa biji.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 15. menunjukkan nilai sig (0.007) $< \alpha(=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap berat tongkol tanpa biji.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 15. menunjukkan nilai sig (0.489) $> \alpha(=0.05)$, sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap berat tongkol tanpa biji.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 16.

Tabel 16. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol	Entisol	Entisol lithic subgrup
Kontrol	21.44 a	19.11 a	24.44 ^{TN}
T	28.77 bc	25.22 b	23.89 ^{TN}
S	28.44 bc	26.44 bc	25.56 ^{TN}
J	27.44 abc	27.67 bc	26.00 ^{TN}
K	27.11 abc	27.67 bc	22.44 ^{TN}
A	27.00 abc	29.74 c	22.44 ^{TN}
TK	27.44 abc	25.11 b	23.22 ^{TN}
TA	29.66 bc	27.44 bc	27.22 ^{TN}
SK	24.77 ab	25.67 b	22.78 ^{TN}
SA	31.78 c	26.11 bc	25.33 ^{TN}
JK	27.22 abc	25.22 b	25.33 ^{TN}
JA	25.66 abc	25.44 b	25.33 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Panjang Tongkol

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 17, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 18.

Tabel 17. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.267
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.945
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.009
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.824

Tabel 17. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < $\alpha(=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel panjang tongkol.

Jenis Tanah

Tabel 17. menunjukkan nilai sig (0.000) < $\alpha(=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap panjang tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 17. menunjukkan nilai sig (0.267) > α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap panjang tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 17. menunjukkan nilai sig (0.945) > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap panjang tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 17. menunjukkan nilai sig (0.009) < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap panjang tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 17. menunjukkan nilai sig (0.824) < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap panjang tongkol.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 18.

Tabel 18. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol	Entisol	Entisol lithic subgrup
Kontrol	16.39 ^{TN}	13.50 a	16.33 ^{TN}
T	17.33 ^{TN}	14.30 ab	15.78 ^{TN}
S	17.22 ^{TN}	16.05 cd	16.11 ^{TN}
J	16.94 ^{TN}	14.67 b	16.50 ^{TN}
K	17.00 ^{TN}	16.28 cd	15.78 ^{TN}
A	17.06 ^{TN}	15.94 cd	17.39 ^{TN}
TK	16.61 ^{TN}	16.13 cd	16.61 ^{TN}
TA	16.89 ^{TN}	16.11 cd	16.83 ^{TN}
SK	17.44 ^{TN}	15.59 c	16.56 ^{TN}
SA	17.78 ^{TN}	16.28 cd	16.22 ^{TN}
JK	17.11 ^{TN}	15.89 cd	16.72 ^{TN}
JA	16.56 ^{TN}	16.89 d	16.94 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.**Uji DMRT dengan α =5%

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pupuk organik dan biochar baik secara tunggal dan kombinasi pada tanah entisol berpengaruh nyata terhadap panjang tongkol jagung. Rata-rata panjang tongkol jagung disajikan pada Tabel 2. Pada tanah entisol perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan Biochar jengkok tembakau-pukan (JA) sebesar 16.89 cm perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Biochar sekam padi-kompos (SK) sebesar 15.59 cm, Sedangkan perlakuan Biochar sekam padi-kompos (SK) berbeda nyata dengan perlakuan Biochar jengkok tembakau (J) yang sebesar 14.67 cm. Pemberian biochar diikuti dengan penambahan pupuk kandang dapat meningkatkan jumlah panjang tongkol jagung karena hara tersedia terutama fosfat tercukupi. Pemberian pupuk NPK meningkatkan panjang tongkol jagung (Puslitbangtan, 2010). Pemupukan pada tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah yaitu dengan cara memperbaiki sifat

kimia tanah berupa peningkatan kandungan dan ketersediaan hara sehingga mampu meningkatkan panjang tongkol jagung perbaikan sifat kimia tanah diantaranya yaitu adalah kadar N dan P dalam tanah.

Sedangkan, untuk hasil pengamatan parameter panjang tongkol untuk tanah Inseptisol dan Entisol lithic subgrup menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata di seluruh perlakuan. Hal ini diduga karena peningkatan aktivitas fotosintesis dapat meningkatkan fotosintat yang terbentuk, kemudian transfer ke biji sebagai cadangan makanan. Sehingga makin besar cadangan makanan yang terbentuk dalam biji, semakin besar ukuran biji. Hal tersebut secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap ukuran panjang tongkol. Peningkatan panjang berarti terjadi pula peningkatan jumlah biji yang terdapat pada tongkol. Sebagai akibatnya terjadi peningkatan berat tongkol yang seimbang dengan peningkatan ukuran tongkol dan jumlah biji. Semakin besar ukuran tongkol dan banyaknya biji secara langsung berpengaruh terhadap peningkatan berat tongkol hal ini didukung oleh Lingga (2004) dimana hasil fotosintesis pada tanaman mula - mula digunakan untuk pertumbuhan kemudian untuk pembentukan organ Generatif dan pembentukan biji. Protein yang dibentuk pada akhirnya disimpan dalam biji sebagai lanjutan proses fotosintesis yang semula dipakai untuk menyusun pertumbuhan vegetatif. Setelah pertumbuhan vegetatif berhenti, maka dipindahkan menjadi penimbunan protein didalam biji sebagai cadangan makanan

Diameter Tongkol

Hasil analisis dengan nested design menunjukkan bahwa perlakuan biochar dan pupuk organik baik secara tunggal maupun kombinasi pada tanah Inseptisol dan tanah entisol menunjukkan hasil yang berbeda nyata, sedangkan, pada tanah Entisol lithic subgrup menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata disajikan pada Tabel 19, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 20.

Tabel 19. Hasil analisis nested design

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.007
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inseptisol	0.002
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol lithic subgrup	0.457

Tabel 19. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel diameter tongkol.

Jenis Tanah

Tabel 19. menunjukkan nilai sig (0.007) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap diameter tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 19. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap diameter tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Inseptisol

Tabel 19. menunjukkan nilai sig (0.002) < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah Inseptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap diameter tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 19. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap diameter tongkol.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol lithic subgrup

Tabel 19. menunjukkan nilai sig (0.457) > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol lithic subgrup, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap diameter tongkol.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 20.

Tabel 20. Hasil uji DMRT pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Inseptisol	Entisol	Entisol lithic subgrup
Kontrol	4.87 a	4.39 a	4.80 ^{TN}
T	5.32 abc	5.00 b	5.14 ^{TN}
S	5.40 c	5.29 bc	5.21 ^{TN}
J	5.33 abc	5.30 bc	5.14 ^{TN}
K	5.27 abc	5.08 bc	5.08 ^{TN}
A	4.90 ab	5.28 bc	5.23 ^{TN}
TK	5.34 abc	5.41 c	5.12 ^{TN}
TA	5.44 c	5.24 bc	5.16 ^{TN}
SK	5.39 bc	5.19 bc	5.17 ^{TN}
SA	5.54 c	5.21 bc	5.21 ^{TN}
JK	5.24 abc	5.14 bc	5.07 ^{TN}
JA	5.20 abc	5.31 bc	5.19 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan α =5%

Pada tanah Inseptisol perlakuan biochar sekam padi (S), biochar tongkol jagung-pukan (TA) dan biochar sekam padi-pukan (SA) merupakan perlakuan yang memiliki rata-rata diameter tongkol yang tertinggi yaitu sebesar 5.40 cm,

5.44 cm dan 5.54 cm ketiga perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Pukan (A) 4,90 cm. Pada tanah entisol perlakuan biochar tongkol jagung-kompos (TK) sebesar 5,41 cm merupakan perlakuan terbaik dalam menghasilkan rata-rata diameter tongkol jagung perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung (T) sebesar 5,00 cm. Sedangkan, pada tanah Entisol lithic subgrup menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata di seluruh perlakuan.

Pemupukan organik nyata meningkatkan diameter tongkol tanaman jagung. Pemberian biochar yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk organik dapat meningkatkan kesuburan tanah terutama hara fosfat dan kalium melalui perbaikan sifat fisika tanah sehingga dapat memperbesar diameter tongkol tanaman jagung. Pemberian biochar diikuti dengan penambahan pupuk organik dapat meningkatkan diameter jagung (Puslitbangtan, 2009). Pemupukan organik pada tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki sifat kimia tanah berupa peningkatan kandungan dan ketersediaan unsur hara sedangkan penambahan biochar mampu memperbaiki kualitas tanah sehingga kombinasi dari aplikasi biochar dan pupuk organik berpengaruh terhadap besarnya diameter tongkol. Tanaman jagung mampu dengan cepat merespon pemberian pupuk. Peningkatan diameter tongkol jagung ini disebabkan oleh adanya perbaikan sifat kimia tanah dan kualitas tanah (Subandi, 2003).

5.1.2. SIFAT KIMIA TANAH SAAT PERTUMBUHAN VEGETATIF MAKSIMAL

pH 1:1 H₂O

Hasil analisis nested design menunjukkan bahwa pada tanah entisol lithic subgrup dan inceptisol tidak terjadi interaksi antar perlakuan terhadap pengamatan pH. Sedangkan, pada tanah entisol terdapat interaksi antar perlakuan terhadap pengamatan pH tanah. Hasil analisa nested design disajikan pada Tabel 21, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 22.

Tabel 21. Hasil analisis nested design pH 1:1 H₂O

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.040
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.027
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.702
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.035

Tabel 21. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat pH

Jenis Tanah

Tabel 21. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap pH 1:1 H₂O.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 21. menunjukkan nilai sig adalah 0.040 < α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap pH 1:1 H₂O.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 1. menunjukkan nilai sig adalah 0.027 < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH 1:1 H₂O.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 21. menunjukkan nilai sig adalah 0.702 > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap pH 1:1 H₂O.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 21. menunjukkan nilai sig adalah 0.035 < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH 1:1 H₂O. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 22.

Tabel 22. Hasil uji DMRT pH 1:1 H₂O pada masing-masing jenis tanah

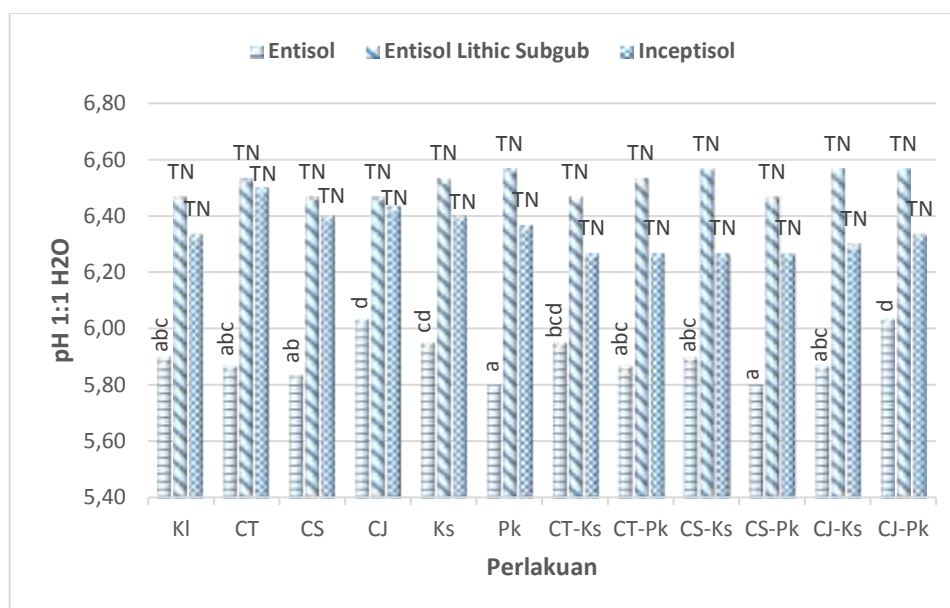
Perlakuan	pH 1:1 H ₂ O		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
Kl	5.90 abc	6.47 ^{TN}	6.33 ^{TN}
CT	5.87 abc	6.53 ^{TN}	6.50 ^{TN}
CS	5.83 ab	6.47 ^{TN}	6.40 ^{TN}
CJ	6.03 d	6.47 ^{TN}	6.43 ^{TN}
Ks	5.95 cd	6.53 ^{TN}	6.40 ^{TN}
Pk	5.80 a	6.57 ^{TN}	6.37 ^{TN}
CT-Ks	5.95 bcd	6.47 ^{TN}	6.27 ^{TN}
CT-Pk	5.87 abc	6.53 ^{TN}	6.27 ^{TN}
CS-Ks	5.90 abc	6.57 ^{TN}	6.27 ^{TN}
CS-Pk	5.80 a	6.47 ^{TN}	6.27 ^{TN}
CJ-Ks	5.87 abc	6.57 ^{TN}	6.30 ^{TN}
CJ-Pk	6.03 d	6.57 ^{TN}	6.33 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan α =5%

Hasil pengamatan pH tanah yang telah diamati menunjukkan bahwa aplikasi biochar yang diaplikasikan ke tanah entisol menunjukkan hasil yang berbeda nyata di setiap perlakuan, sedangkan untuk tanah entisol lithic subgub dan inceptisol tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata disetiap perlakuannya. Pada tanah entisol biochar berpengaruh terhadap nilai pH tanah dimana pH tertinggi yaitu 6,03 pada perlakuan biochar jengkok tembakau (CJ) dan Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ-Pk). Kedua perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Kontrol 5.90, Biochar tongkol jagung-CT (5.87), Biochar tongkol jagung pukan - CTPk (5.87), Biochar sekam padi kompos-CS-Ks (5.90) dan Biochar jengkok tembakau kompos- CJKs (5.87).



Gambar 3. Rata- rata nilai pH tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol

Pemberian biochar dari bahan baku yang berbeda mampu meningkatkan pH tanah entisol. Hal tersebut dikarenakan biochar jengkok tembakau yang digunakan memiliki pH tinggi. menurut Solaiman dan anwar (2015) tingkat alkalinitas dalam biochar merupakan salah satu faktor biochar berkontribusi terhadap potensinya sebagai kapur. Selain itu biochar juga dapat mengikat C-Organik di tanah sehingga akan tetap stabil dan tidak mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme. Aplikasi biochar memiliki dua manfaat yaitu sebagai pembenah tanah dan peningkatan produksi tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian Suryani (2013) yang menunjukkan bahwa pemberian biochar pada tanah ultisol nyata adanya dalam meningkatkan pH tanah, K-dd dan serapan K, serta mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman caisim.

Menurut DeLuca, *et al* (2009) biochar dapat mengubah pH tanah dan bertindak sebagai ameliorator kompleksasi P oleh logam (Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+}); Penambahan biochar dapat meningkatkan pH pada tanah masam karena adanya peningkatan konsentrasi logam alkali oksida (Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^{+}) di biochar yang dapat mengurangi konsentrasi Al^{3+} didalam tanah.

N total

Nitrogen total tanah menggambarkan kandungan seluruh unsur nitrogen yang ada di dalam tanah baik yang berupa tersedia maupun dalam bentuk tidak tersedia/ masih menyatu sebagai senyawa organik. Pada ketiga jenis tanah tersebut menunjukkan hasil yang berbeda nyata disetiap perlakuan baik aplikasi biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 23, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 24.

Tabel 23. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel N total.

Tabel 23. Hasil analisis nested design N total

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.000

Jenis Tanah

Tabel 23. menunjukkan nilai sig ($0.000 < \alpha (=0.05)$), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap N total.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 23. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap N total.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 23. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap N total.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 23. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap N total.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 23. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap N total.

terhadap N total. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 24.

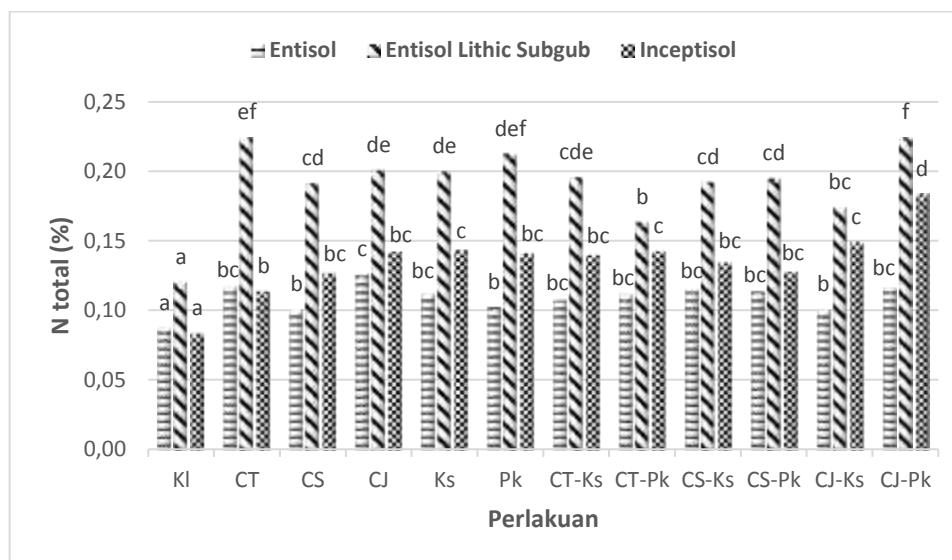
Pada tanah entisol nilai N Total terbaik yaitu pada perlakuan CJ yaitu sebesar 0.13%, perlakuan Biochar jengkok tembakau (CJ) berbeda nyata dengan perlakuan biochar sekam padi (CS), pukan (Pk), biochar jengkok tembakau-kompos (CJKs) yang memiliki nilai N total sebesar 0,11%. Sedangkan pada tanah entisol lithic subgub nilai N total terbaik yaitu pada perlakuan Biochar jengkok tembakau pukan (CJPk) dengan nilai 0.22% perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar jengkok tembakau (CJ), kompos (Ks) dengan nilai 0,20%, Sedangkan untuk tanah ketiga yaitu inceptisol memiliki hasil N total terbaik yaitu pada perlakuan biochar jengkok tembakau pukan (CJPk) sebesar 0,18% perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kompos (Ks) : 0,14%, biochar jengkok tembakau-pukan (CTPk) : 0,14%, Biochar jengkok tembakau-kompos (CJKs) : 0,15%. Dari ketiga jenis tanah diatas nilai kandungan N Total tertinggi yaitu pada tanah entisol lithic subgub dengan nilai N total sebesar 0,22% yaitu pada perlakuan biochar jengkok tembakau-pukan (CJPk).

Tabel 24. Hasil uji DMRT N total pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	N total (%)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
Kl	0.09 a	0.12 a	0.08 a
CT	0.12 bc	0.22 ef	0.11 b
CS	0.10 b	0.19 cd	0.13 bc
CJ	0.13 c	0.20 de	0.14 bc
Ks	0.11 bc	0.20 de	0.14 c
Pk	0.10 b	0.21 def	0.14 bc
CT-Ks	0.11 bc	0.20 cde	0.14 bc
CT-Pk	0.11 bc	0.16 b	0.14 c
CS-Ks	0.11 bc	0.19 cd	0.13 bc
CS-Pk	0.11 bc	0.19 cd	0.13 bc
CJ-Ks	0.10 b	0.17 bc	0.15 c
CJ-Pk	0.12 bc	0.22 f	0.18 d

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$



Gambar 4. N Total pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol

Pengaruh positif biochar terhadap kesuburan biologi tanah terjadi melalui peningkatan aktivitas jasad mikro tanah sehingga dapat meningkatkan komposisi dan biomassa jasad mikro tanah (Steiner *et al.*, 2007). Peningkatan koloni mycorrhiza karena penggunaan biochar telah dibuktikan oleh Warnock *et al* (2007) Rondon *et al*, (2007) menunjukkan bahwa penggunaan biochar meningkatkan fiksasi nitrogen pada tanaman polong. Menurut Nguyen, *et al* (2017) aplikasi biochar dapat meningkatkan kelembaban dan pH tanah, sehingga merangsang proses mineralisasi Nitrogen dan nitrifikasi yang menyebabkan serapan tanaman meningkat. Biochar meningkatkan Nitrogen anorganik yang dibutuhkan untuk asimilasi tanaman dengan meningkatkan retensi dan mengurangi dampak dari pencucian Nitrogen. Penggunaan biochar dari limbah hasil pertanian telah terbukti dimana mampu meningkatkan hasil tanaman wortel serta meningkatkan kandungan unsur Nitrogen (Chan *et al.*, 2007) .

Bahan organik

Bahan organik merupakan salah satu faktor pembatas yang sangat berperan dalam menambahkan hara dan sebagai penyangga unsur hara. Indikasi bahan organik dalam tanah dapat dilihat dari kandung C-Organik dan N Total sehingga diperoleh nisbah C/N yang dapat dipakai untuk mnduga ketersediaan hara dari proses mineralisasi bahan organik. Pada ketiga jenis tanah mampu menghasilkan hasil bahan organik yang berbeda nyata disemua perlakuan. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 25, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 26.

Tabel 25. Hasil analisis nested design bahan organik

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000

Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.005
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.000

Tabel 25. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai $\text{sig} < \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel bahan organik.

Jenis Tanah

Tabel 25. menunjukkan nilai $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap bahan organik.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 25. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 25. menunjukkan nilai sig adalah $0.005 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 25. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Berdasarkan hasil analisa menunjukkan bahwa Tabel 26. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 26.

Tabel 26. Hasil uji DMRT bahan organik pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Bahan Organik (%)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
Kl	1.21 abc	1.36 a	1.19 a
CT	1.63 de	3.76 g	2.07 b
CS	1.19 abc	2.52 cde	2.05 b
CJ	1.72 e	2.71 de	2.36 b
Ks	1.26 abcd	2.54 cde	2.09 b
Pk	0.96 a	2.39 c	2.13 b
CT-Ks	1.54 cde	3.03 f	1.98 b
CT-Pk	1.41 bcde	1.99 b	2.18 b
CS-Ks	1.06 ab	2.36 c	2.01 b
CS-Pk	1.27 abcd	2.76 e	2.08 b
CJ-Ks	1.20 abc	2.44 cd	2.26 b

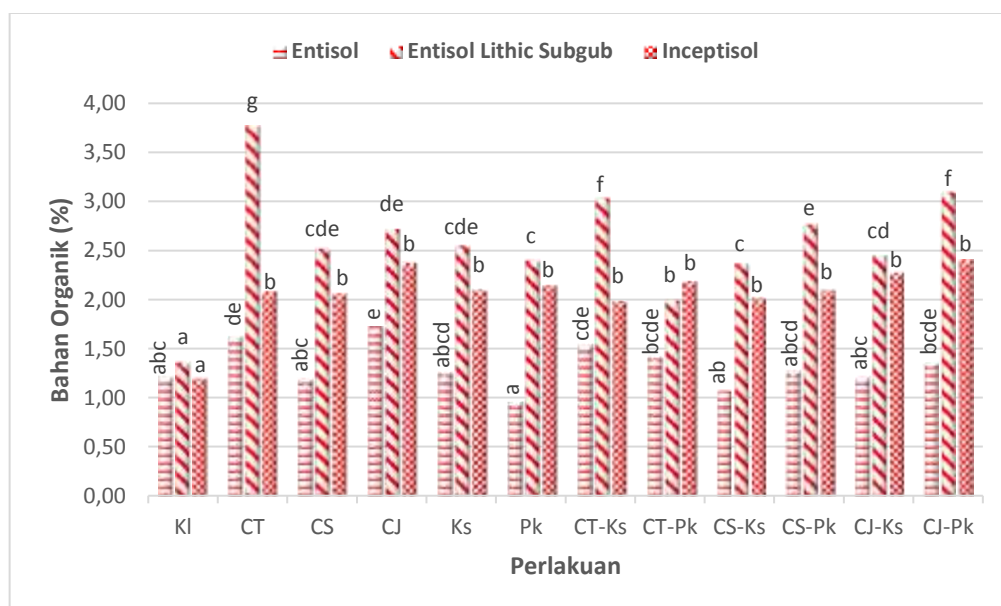
CJ-Pk	1.36 bcde	3.09 f	2.40 b
-------	-----------	--------	--------

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Pada tanah entisol perlakuan biochar jengkok tembakau (CJ) merupakan perlakuan terbaik dalam parameter pengamatan kandungan bahan organik yaitu sebesar 1,72% perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kompos –Ks (1.26%) dan biochar sekam padi pukan-CSPk (1.36%). Pada tanah entisol lithic subgub perlakuan terbaik untuk parameter bahan organik yaitu perlakuan biochar tongkol jagung-CT (3.76%), perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar sekam padi kompos- CTKs (3.03 %) dan biochar jengkok tembakau pukan- CJPk (3.09%). Pada tanah inceptisol parameter bahan organik semua perlakuan biochar baik secara tunggal maupun kombinasi memiliki hasil yang berbeda nyata dengan kontrol.

Dengan adanya perbaikan kesuburan fisik, kimia dan biologi banyak penelitian telah membuktikan bahwa penggunaan biochar mampu memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman (Lehmann *et al.*, 2003) . hasil penelitian Yamato *et al* (2006) menunjukkan bahwa penggunaan biochar dari kayu mampu meningkatkan hasil tanaman jagung, kacang tanah dan kacang tunggak. Chan *et al* (2008) dan Tagoe *et al* (2008) menggunakan biochar berbahan baku kotoran ayam untuk memperbaiki hasil dan pertumbuhan tanaman. Masulili *et al.*, (2010) menyatakan bahwa penggunaan biochar dari sekam padi dapat memperbaiki sifat tanah masam, yaitu meningkatkan kandungan bahan organik, kemampuan tanah mengikat air tersedia, KTK tanah dan menurunkan kelarutan aluminium serta kekuatan tanah. Dengan adanya perbaikan sifat tanah pada penelitian Sukartono *et al.*, 2011 ini penggunaan biochar abu sekam dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman padi.



Gambar 5. Bahan organik pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol

Peningkatan efisiensi pemupukan sebagai salah satu akibat dari penggunaan biochar yang telah dilaporkan Steiner *et al.*, (2007) dimana peningkatan efisiensi pemupukan terjadi sebagai akibat adanya KTK yang tinggi pada biochar sehingga mampu menyerap hara pada pupuk dan selanjutnya memperkecil kehilangan hara karena pencucian. Hasil penelitian Islami, T (2012) menunjukkan bahwa residu biochar mampu bertahan lama di dalam tanah sehingga akan tetap mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman. Selain itu biochar juga dapat mengikat C-Organik di tanah sehingga tetap stabil dan tidak mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme. Hammes dan Schmidt (2009) menyatakan grup pembagian dipermukaan biochar dapat menyerap C-Organik yang ada di dalam tanah.

Pupuk organik sangat populer karena dapat mengatasi masalah kekurangan unsur hara pada tanaman dan bahan organik. Pupuk organik berperan sebagai penyangga dan mempertahankan kelengasan tanah. Cara-cara tradisional untuk meningkatkan bahan organik tanah, seperti penutup tanah, meninggalkan sisa tanaman setelah panen, dan menerapkan pupuk kandang, sering sulit karena ketersediaan air dan salinitas (Magdoff, 2001). Penerapan bahan organik untuk amandemen tanah memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas fisik tanah. Novak *et al.* (2009) menyatakan porositas yang meningkat dari biochar dapat meningkatkan retensi air dalam tanah. Kapasitas memegang air tanah dan air yang tersedia bagi tanaman di tanah liat dan tanah lempung berpasir ditingkatkan dengan biochar (Bruun *et al.*, 2014; Dugan *et al.*, 2010; Martinsen *et al.*, 2014). Verheijen (2010) mengemukakan bahwa retensi air tanah ditentukan oleh distribusi dan konektivitas dari pori-pori di media tanah, yang sebagian besar diatur oleh ukuran partikel tanah (tekstur), dikombinasikan dengan karakteristik struktural (agregasi) dan kadar bahan organik tanah. Hasil penelitian Nyambo *et al.* (2018), setelah 140 hari, biochar meningkatkan pH tanah antara 0,34-1,51 poin, karbon organik tanah sebesar 2,2% menjadi 2,34%, dan aktivitas mikroba oleh 496-1.615 mg kg⁻¹ dibandingkan dengan kontrol. Biochar adalah produk yang telah dikenal selama bertahun-tahun, tapi sekarang sedang ditemukan kembali. Sejumlah studi yang dilakukan di seluruh dunia telah menunjukkan peran positif dalam proteksi lingkungan, pertanian dan pengelolaan limbah (Czekala *et al.*, 2019). Efek positif dari biochar pada sifat-sifat tanah diwujudkan melalui peningkatan kesuburan tanah. Scisłowska *et al.* (2015) menjelaskan bahwa biochar, terlepas dari asal, secara nyata meningkatkan pH semua jenis tanah (0,1-0,9 unit), dengan dampak terbesar pada tanah pasir, meningkatkan karbon tanah dan kapasitas memegang air pada tingkat yang lebih tinggi dari amandemen tergantung pada jenis tanah dan biochar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahan organik tanah dan sifat fisik tanah mengalami perubahan secara signifikan setelah dua tahun menerapkan jenis pembenah tanah pada ketiga jenis tanah. Setiap jenis biochar ataupun pupuk organik yang diterapkan secara tunggal maupun dicampur pada jenis tanah menunjukkan pengaruh secara nyata (Tabel 61).

Fryda and Visser (2015) melaporkan bahwa produksi biochar tidak mungkin dari satu ukuran cocok untuk semua karakter. Tiga jenis biochar yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan pengaruh yang bervariasi pada masing-masing jenis tanah (Tabel 62). Kadar bahan organik meningkat 176,5% dari 1,36% (kontrol) menjadi 3,76% (biochar tongkol jagung) pada Entisol Lithic Subgrup, meningkat 80,4% dari 1,19% (kontrol) menjadi rata-rata 2,15% (jenis pembenah tanah) pada Inceptisol, dan meningkat 42,1% dari 1,21% (kontrol) menjadi 1,72% (biochar jengkok tembakau) pada Entisol. Implikasi selanjutnya dengan memahami pengaruh pemberian jenis biochar maupun pupuk organik akan bermanfaat untuk memaksimalkan kepentingan aplikasi di suatu jenis tanah.

Menurut Akça and Namli (2015), dibandingkan dengan kontrol dan pupuk kimia saja, bahan organik tanah secara signifikan meningkat setelah amandemen biochar. β -glukosidase, alkaline phosphatase, urease dan aktivitas enzim arylsulphatase di tanah meningkat dengan aplikasi biochar secara signifikan. Enzim adalah katalis dekomposisi bahan organik dalam tanah. Aktivitas enzim tanah telah berhubungan dengan karakteristik fisika-kimia tanah (Amador et al., 1997; Kussainova et al. 2013)

Jenis bahan pembenah tanah yang ditambahkan pada penelitian ini ditujukan untuk meningkatkan kadar BOT pada lahan kering. BOT dapat berkontribusi terhadap agregasi tanah sehingga stabilitas agregat tanah meningkat. Arthur et al. (2014) mengamati ada hubungan antara karbon organik tanah dan agregasi ketika beberapa jenis tanah yang diubah dengan $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ pupuk kandang. Agregasi sebagai indikator penting dari kualitas dan fungsi tanah. Biochar dalam tanah dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah (Obia et al., 2016). Menurut Fungo et al. (2017), aplikasi biochar saja tidak mempengaruhi stabilitas agregat pada Ultisol dalam waktu dua tahun. Namun bila diterapkan bersama-sama dengan *T. diversifolia* sebanyak $2,5 \text{ t ha}^{-1}$, proporsi agregat tanah meningkat dan mengakibatkan BOT meningkat di mikro agregat.

Pupuk organik berfungsi sebagai penyangga, penahan lengas tanah, dan sumber hara. Kualitas pupuk organik dipengaruhi oleh komposisi bahan dasar dan tingkat dekomposisinya. Pada penelitian ini pemberian pupuk kandang maupun kompos memberikan pengaruh yang relatif sama terhadap kadar bahan organik tanah setelah 2 tahun di ketiga jenis tanah. Kadar bahan organik tanah lebih cepat menurun dengan hanya aplikasi pupuk kandang (Entisol dan Entisol Lithic Subgub). Ukuran pupuk kandang lebih kecil daripada kompos sehingga lebih cepat terdekomposisi. Kelembaban tanah, penyediaan oksigen, maupun kadar liat akan mempengaruhi dekomposisi bahan organik tanah. Dekomposisi bahan organik yang cepat pada kondisi tropis tentu bukan menjadi pilihan bahan pembenah tanah. Oleh karena itu, pentingnya menerapkan biochar sebagai amandemen organik yang potensial sehingga meningkatkan kualitas tanah dalam jangka panjang. Pemilihan jenis bahan pembenah tanah merupakan tindakan penting untuk menentukan kecepatan dekomposisi bahan organik.

Kadar bahan organik meningkat dibanding kontrol di ketiga jenis tanah. Jenis biochar mempengaruhi kenaikan bahan organik tanah pada Entisol Lithic

Subgub (tongkol jagung) dan Entisol (jengkok). Peningkatan bahan organik tanah tertinggi tidak diikuti dengan perbaikan terbaik pada sifat fisik tanah di setiap jenis tanah maupun hasil tanaman. Hasil tanaman terbaik tidak dihasilkan dari kadar bahan organik tertinggi pada masing-masing jenis tanah. Peningkatan bahan organik tanah dengan pemberian jenis biochar dapat meningkatkan dan atau menurunkan beberapa sifat fisik tanah di masing-masing jenis tanah. Ahmed et al. (2017), sifat-sifat tanah seperti bahan organik, fosfor, sulfur dan persentase seng secara signifikan meningkat dengan baik (mineral diperkaya dan sekam padi) biochar diperlakukan tanah diterapkan dengan atau tanpa dosis basal dianjurkan NPK dibandingkan kontrol dan hanya dosis basal dianjurkan NPK, masing-masing

Perubahan bahan organik tanah dan sifat fisik tanah juga mendapat pengaruh dari bahan organik segar yang dihasilkan dari akar tanaman jagung musim tanam pertama yang dibiarkan mengalami dekomposisi di dalam media tanam. Pandit (2018) menyatakan biochar meningkatkan kelembaban tanah, kalium dan fosfor tersedia, biochar jauh lebih efektif di air tanah yang berlimpah (+ 311% biomassa) dibandingkan pada kondisi kekurangan air (+ 67% biomassa), selain itu biochar memiliki efek yang lebih kuat dalam kondisi unsur hara yang tertekan (+ 363%) daripada di bawah aplikasi unsur hara berlimpah (+ 132%). Setiap musim tanam jagung (I dan II) dilakukan pemupukan urea, SP₃₆, dan KCl yang tentunya meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sehingga bahan organik segar yang ditambahkan melalui akar akan bertambah.

P. Bray1

Fosfor tersedia adalah unsur fosfor yang terdapat di dalam tanah dalam bentuk tersedia bagi tanaman serta dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk melakukan proses metabolisme. Bentuk P yang terdapat pada bahan induk tanah sebelum pertumbuhan dan pembentukan tanah pada umumnya sering dijumpai sulit tersedia bagi tanaman. Nilai P tersedia di dalam tanah dapat pula diartikan sebagai P tanah yang dapat diekstraksi oleh asam sitrat dan air. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 27, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 28.

Tabel 27. Hasil analisis nested design P.Bray1

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.001

Tabel 27. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat

disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel P.Bray1.

Jenis Tanah

Tabel 27. menunjukkan nilai sig ($0.000 < \alpha (=0.05)$), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap P.Bray1.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 27. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap P.Bray1.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 27. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap P.Bray1.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 27. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap P.Bray1.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 27. menunjukkan nilai sig adalah $0.001 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap P.Bray1.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 28.

Pada tanah entisol perlakuan Pukan (Pk) merupakan perlakuan yang memiliki hasil P tertinggi yaitu sejumlah 62.25 mg.kg^{-1} perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar jengkok tembakau pukan- CJPk (52.64 mg.kg^{-1}) sedangkan perlakuan biochar jengkok tembakau pukan- CJPk berbeda nyata dengan biochar tongkol jagung pukan- CTPk (44.31 mg.kg^{-1}) dan biochar jengkok tembakau kompos- CJKs (43.66 mg.kg^{-1}). Pada tanah entisol lithic subgub didapati bahwa hasil analisa P terbaik yaitu pada perlakuan Pukan - Pk (17.40 mg.kg^{-1}), perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar jengkok tembakau- CJ (13.25 mg.kg^{-1}), biochar sekam padi pukan- CSPk (14.33 mg.kg^{-1}) dan biochar jengkok tembakau pukan- CJPk (13.15 mg.kg^{-1}). Sedangkan, pada tanah inceptisol perlakuan biochar tongkol jagung pukan- CTPk memiliki hasil analisa P tertinggi yaitu sebesar 8.46 mg.kg^{-1} perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kompos- Ks (6.31 mg.kg^{-1}) sedangkan perlakuan kompos (Ks) berbeda nyata dengan perlakuan Pukan- Pk (5.59 mg.kg^{-1}).

Pemberian biochar ini juga mampu meningkatkan P tersedia di tanah berdasarkan jenis dan asal bahan bakunya. Sesuai dengan Guo *et al* (2014) yang menyatakan bahwa biochar kotoran sapi dapat meningkatkan nilai P di tanah karena dapat mengurangi pencucian dan mampu menjerap unsur hara dalam tanah. Hal ini sesuai Novak, *et al* (2009) yang menyatakan bahwa biochar yang diproduksi dengan suhu rendah akan menghasilkan gugus fungsional yang berfungsi dalam pertukaran hara setelah oksidasi lebih banyak, dibandingkan

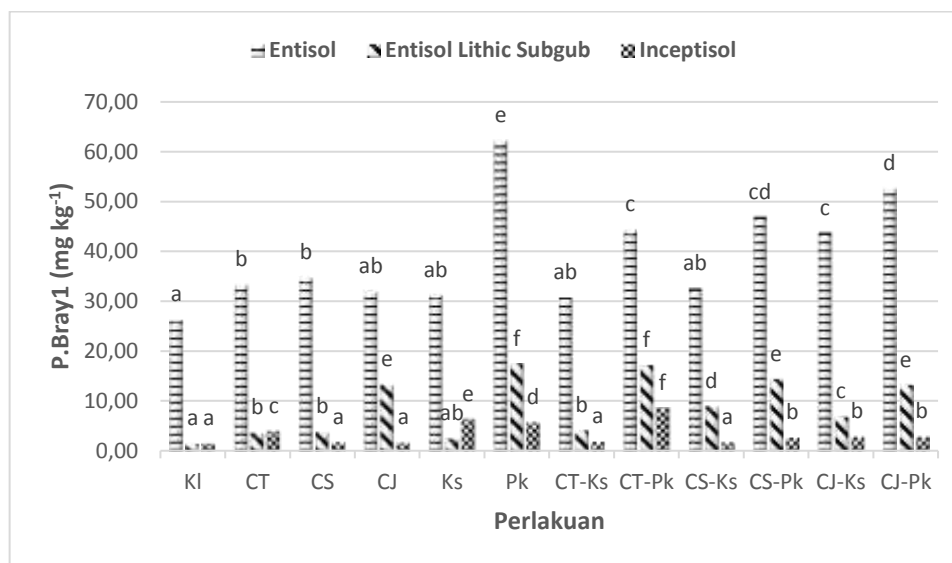
dengan biochar yang diperoleh dengan suhu tinggi. Gugus fungsional tersebut dapat mengadsorpsi Al^{3+} sehingga membebaskan unsur hara P yang terfiksasi dan menjadi tersedia untuk tanaman. Satriawan dan Handayanto (2015) menyatakan unsur hara P yang diserap oleh akar tanaman tergantung pada jumlah dan ketersediaan unsur P di dalam tanah. Sedangkan menurut Soepandi (2013) tanaman memerlukan unsur hara P untuk perkembangan akar, mempercepat pembungaan dan pematangan serta pembentukan akar dan biji.

Tabel 28. Hasil uji DMRT P.Bray1 pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	P.Bray1 (mg kg ⁻¹)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
Kl	26.28 a	1.51 a	1.47 a
CT	33.35 b	3.64 b	3.91 c
CS	34.77 b	3.81 b	1.75 a
CJ	32.00 ab	13.25 e	1.64 a
Ks	31.24 ab	2.43 ab	6.31 e
Pk	62.25 e	17.40 f	5.59 d
CT-Ks	30.72 ab	4.10 b	1.79 a
CT-Pk	44.31 c	17.11 f	8.46 f
CS-Ks	32.50 ab	8.92 d	1.68 a
CS-Pk	46.86 cd	14.33 e	2.63 b
CJ-Ks	43.66 c	6.84 c	2.78 b
CJ-Pk	52.64 d	13.15 e	2.78 b

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$



Gambar 6. Kandungan P pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol

K NH₄OAC1N pH:7

Berdasarkan hasil analisis dengan nested design menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada parameter pengamatan unsur Kalium pada tanah entisol lithic subgub dan inceptisol. Sedangkan, pada tanah entisol pengamatan unsur kalium tidak berbeda nyata diseluruh perlakuan. Hasil analisis nested design disajikan pada Tabel 29, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 30.

Tabel 29. Hasil analisis nested design K NH₄OAC1N pH:7

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.149
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.000

Tabel 29. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel K NH₄OAC1N pH:7.

Jenis Tanah

Tabel 29. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap K NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 29. menunjukkan nilai sig adalah 0.000 < α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap K NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 29. menunjukkan nilai sig adalah $0.149 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap K NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 29. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap K NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 9. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap K NH₄OAC1N pH:7.

Pada tanah entisol lithic subgub perlakuan terbaik dalam parameter kandungan K NH₄OAC1N pH:7 yaitu adalah perlakuan biochar tongkol jagung kompos- CTKs (1,50 me/100g), biochar sekam padi pukan- CSPk (1.46 me/100g) dan biochar jengkok tembakau pukan- CJPk (1,56 me/100g) pada ketiga perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kompo- Ks (0.69 me/100g). Pada tanah inceptisol perlakuan K NH₄OAC1N pH:7 terbaik yaitu pada biochar sekam padi pukan- CTPk (2,23 me/100g) perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan pukan- Pk (1.48 me/100g) dan biochar tongkol jagung pukan- CTPk (1.50 me/100g). Sedangkan, pada tanah entisol perlakuan biochar yang diaplikasikan secara tunggal dan kombinasi tidak memiliki hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 30.

Tabel 30. Hasil uji DMRT K NH₄OAC1N pH:7 pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	K NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
Kl	0.41 ^{TN}	0.34 a	0.73 a
CT	0.74 ^{TN}	1.08 bcd	0.89 ab
CS	0.45 ^{TN}	0.87 bc	1.37 abc
CJ	0.51 ^{TN}	1.02 bcd	1.79 cd
Ks	0.39 ^{TN}	0.69 ab	0.86 ab
Pk	0.23 ^{TN}	1.21 bcd	1.48 bc
CT-Ks	0.49 ^{TN}	1.50 d	1.80 cd
CT-Pk	0.91 ^{TN}	1.26 cd	1.50 bc
CS-Ks	0.31 ^{TN}	1.06 bcd	1.94 cd
CS-Pk	0.46 ^{TN}	1.46 d	2.23 d
CJ-Ks	0.72 ^{TN}	1.29 cd	1.98 cd
CJ-Pk	0.46 ^{TN}	1.56 d	1.86 cd

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

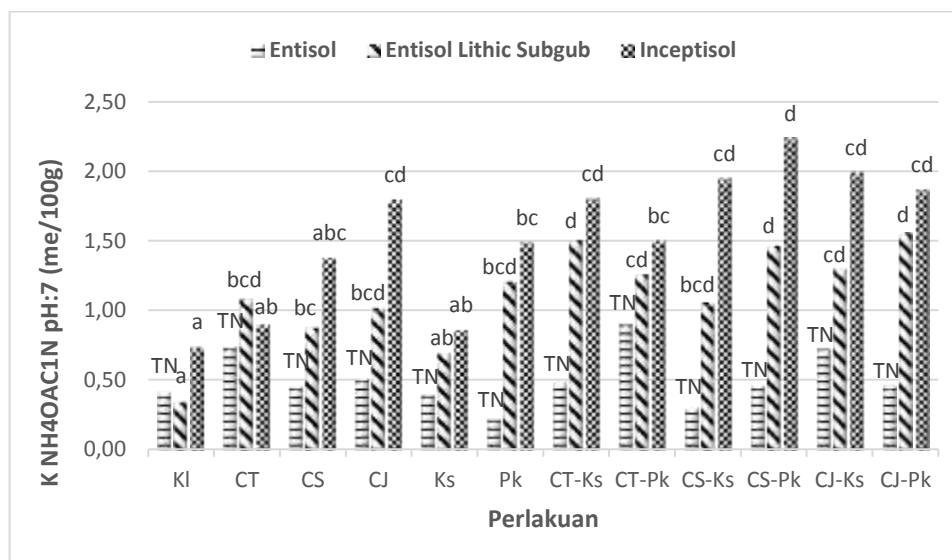
**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Unsur kalium yang termasuk dalam unsur yang immobile atau lama terurai dalam tanah maupun tanaman baik dalam sel, dalam jaringan tanaman, maupun bagian xylem dan floem. Kalium banyak terdapat dalam sitoplasma dan garam kalium berperan dalam tekanan osmosis sel, selain itu Kalium juga berperan dalam beberapa proses seperti aktivator enzim, metabolisme karbohidrat, mengatur tekanan osmotik, serapan N, mengatur efisiensi air, sintesis protein, dan translokasi dari asimilat (Rosmarkam dan Yuwono, 2002)

Ketersediaan kalium di dalam tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH dan KTK tanah. Tanah yang ber-pH rendah membuat ketersediaan kalium sangat mudah hilang karena pencucian hara (Widowati *et al.*, 2012). Oleh karena itu, penambahan biochar yang dapat berfungsi sebagai bahan pembenah tanah yang kekurangan unsur hara dengan menahan sejumlah nutrisi yang berguna bagi tanaman serta meningkatkan sifat fisika dan biologi tanah

Biochar berbentuk karbon stabil yang dihasilkan dari proses pirolisis bahan-bahan organik. Saat ini biochar sangat diminati karena sangat berpotensi untuk meningkatkan kesuburan tanah, mampu menyerap serta menyimpan karbon (C) dalam tanah dan meningkatkan hasil panen. Biochar terbukti stabil dan efektif sebagai bagian dari cadangan karbon. Dalam biochar, karbon terbentuk dari proses pirolisis sehingga tidak mudah terdegradasi oleh beberapa aktifitas mikroba seperti biomassa yang mengandung karbon tingkat rendah (Prasetyo, 2014)

Elviwirda (2007) menyatakan di Indonesia potensi penggunaan biochar cukup besar, mengingat bahan baku seperti kayu, tempurung kelapa dan sekam padi cukup tersedia. Pembuatan arang cukup dikenal masyarakat Indonesia namun belum dimanfaatkan sebagai pembenah tanah. Selama ini umumnya pembuatan biochar dari limbah pertanian ditujukan untuk ekspor. Penggunaan bahan pembenah tanah berbahan baku sisa-sisa hasil pertanian yang sulit terdekomposisi merupakan salah satu alternatif yang dapat ditempuh untuk mempercepat peningkatan kualitas sifat fisik tanah dalam pemanfaatan lahan sebagai sumber pangan sehingga produksi tanaman mampu ditingkatkan (Elviwirda, 2007).



Gambar 7. Kandungan K pada tanah entisol, entisol lithic subgub dan inceptisol

Na NH4OAC1N pH:7

Pemberian biochar dari beberapa bahan baku secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pupuk organik mampu meningkatkan nilai Na dalam tanah khususnya pada tanah entisol dan entisol lithic subgub. Sedangkan pada tanah inceptisol tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap parameter Na. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 31, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 32.

Tabel 31. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Na NH4OAC1N pH:7.

Tabel 31. Hasil analisis nested design Na NH4OAC1N pH:7

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.329

Jenis Tanah

Tabel 31. menunjukkan nilai sig ($0.000 < \alpha (=0.05)$), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Na NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 31. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Na NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 31. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Na NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 31. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Na NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 31. menunjukkan nilai sig adalah $0.329 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Na NH₄OAC1N pH:7. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah

Tabel

Pada tanah entisol perlakuan terbaik dalam parameter Na NH₄OAC1N adalah perlakuan biochar tongkol jagung pukan - CTPk (2.36 me/100g), biochar sekam padi pukan- CSPk (2.36 me/100g), biochar jengkok tembakau kompos- Biochar tongkol jagung kompos - CJKs (2.34 me/100g), Biochar jengkok tembakau pukan - CJPk (2.32 me/100g) keempat perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung kompos- CTKs (2.20 me/100g). perlakuan biochar tongkol jagung kompos- CTKs (2.20 me/100g) berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung- CT (2.04 me/100g), biochar sekam padi- CS (2.03 me/100g), biochar jengkok tembakau-CJ (2.02 me/100g) dan pukan - Pk (2.07 me/100g). Pada tanah entisol lithic subgub parameter Na NH₄OAC1N terbaik yaitu pada perlakuan biochar jengkok tembakau-CJ (4.66 me/100g), perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung- CT (2.71 me/100g), biochar sekam padi- CS (2.64 me/100g) dan kompos- Ks (2.74 me/100g). Sedangkan, pada tanah inceptisol perlakuan biochar baik diaplikasikan secara tunggal maupun secara kombinasi dengan pupuk organik memiliki hasil yang tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Unsur hara Na bukan merupakan unsur hara penting bagi tanaman walaupun tidak tersedia dalam tanah unsur hara Na tidak akan menunjukkan gangguan metabolisme pada tanaman. Natrium merupakan unsur hara yang diserap dalam bentuk Na⁺ walaupun tanaman tidak mengandung Na tidak akan menunjukkan gangguan metabolisme. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2000), Na mampu meningkatkan kualitas daya bakar daun tembakau pada kadar tertentu.

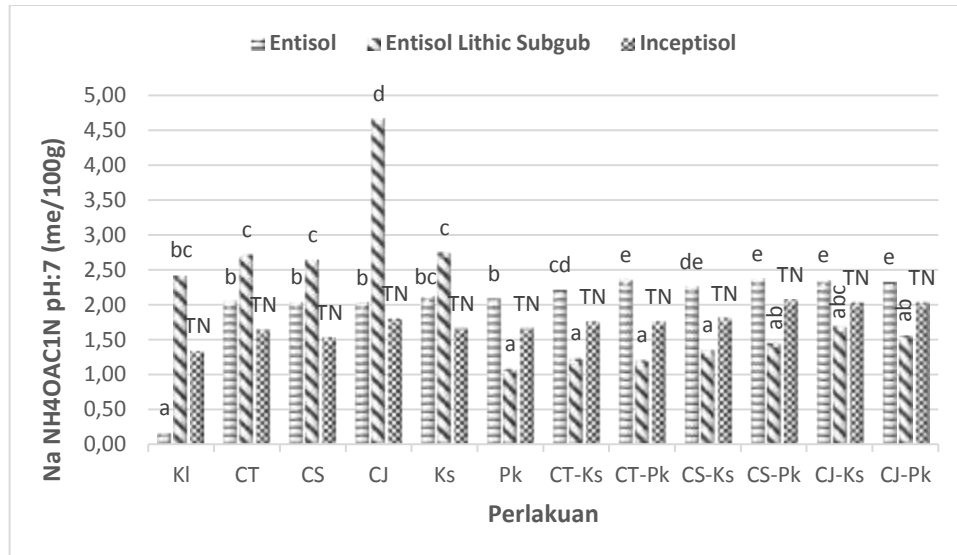
Tabel 32. Hasil uji DMRT Na NH₄OAC1N pH:7 pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Na NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
Kl	0.16 a	2.41 bc	1.33 ^{TN}
CT	2.04 b	2.71 c	1.63 ^{TN}
CS	2.03 b	2.64 c	1.52 ^{TN}
CJ	2.02 b	4.66 d	1.79 ^{TN}
Ks	2.11 bc	2.74 c	1.65 ^{TN}
Pk	2.07 b	1.08 a	1.65 ^{TN}
CT-Ks	2.20 cd	1.22 a	1.75 ^{TN}
CT-Pk	2.36 e	1.20 a	1.75 ^{TN}
CS-Ks	2.25 de	1.34 a	1.80 ^{TN}
CS-Pk	2.36 e	1.45 ab	2.06 ^{TN}
CJ-Ks	2.34 e	1.69 abc	2.02 ^{TN}
CJ-Pk	2.32 e	1.56 ab	2.02 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$



Gambar 8. Kandungan Na pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol

Ca NH₄OAC1N pH:7

Pada parameter kimia tanah khususnya Ca menghasilkan nilai yang tidak berbeda nyata pada tanah entisol dan inceptisol. Sedangkan, pada tanah entisol lithic subgub para parameter Ca menghasilkan hasil yang berbeda nyata disetiap perlakuan. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 33, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 34.

Tabel 33. Hasil analisis nested design Ca NH₄OAC1N pH:7

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.144
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	1.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.001
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.883

Tabel 33. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Ca NH₄OAC1N pH:7.

Jenis Tanah

Tabel 33. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Ca NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 33. menunjukkan nilai sig adalah 0.144 > α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Ca NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 33. menunjukkan nilai sig adalah 1.000 > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Ca NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 33. menunjukkan nilai sig adalah 0.001 < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Ca NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 33. menunjukkan nilai sig adalah 0.883 > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Ca NH₄OAC1N pH:7.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 34.

Pada tanah entisol lithic subgub perlakuan untuk parameter Ca-dd tanah terdapat hasil yang berbeda nyata antara perlakuan dengan kontrol. Perlakuan Pukan- Pk (38,39 me/100g) merupakan perlakuan yang memiliki kandungan Ca tertinggi sehingga perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kompos- Ks (36.33 me/100g) dan perlakuan biochar jengkok tembakau-pukan (35.95 me/100g) sedangkan perlakuan kompos-Ks dan biochar jengkok tembakau pukan-CJPk berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung- CT (33.58 me/100g), biochar jengkok tembakau- CJ (33.41 me/100g) dan biochar sekam padi pukan- CSPk (33.45 me/100g). Pada tanah entisol dan inceptisol parameter Ca NH₄OAC1N pH:7 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata di setiap

perlakuan dengan kontrol (Tabel 4). Sehingga apabila kadar Ca terlalu banyak maka pH tanah akan semakin basa. Penurunan pH ada kaitannya dengan penambahan biochar pada tanah basa disebabkan oleh penurunan konsentrasi oksida-oksida logam alkali (misalnya Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^+) karena yang bersifat basa dalam biochar adalah abu sedangkan biochar dalam penelitian ini tidak menggunakan abu nya (Steiner *et al.*, 2007).

Sebagian besar kation-kation Ca^{2+} , Mg^{2+} dan K^+ yang ada dalam tanah ber biochar tidak terikat oleh gaya elektrostatik, tetapi hadir sebagai garam terlarut oleh karena itu mudah tersedia dan diserap oleh tanaman (Glaser *et al.*, 2002). Percobaan Kpombrekou dan Tabatabai (1994) menunjukkan bahwa besarnya P yang terlarut memiliki korelasi dengan Ca dan Mg yang dilepaskan, hal ini membuktikan bahwa P tersebut semula diikat oleh Ca dan Mg. Ion bervalensi tinggi dapat dengan mudah mengganti ion bervalensi lebih rendah. Jadi Ca^{2+} dapat dengan mudah mengganti K^+ , tetapi tidak sebaliknya. Proses pertukaran kation dipengaruhi oleh valensi kation, ukuran kation, sifat mineral terhadap kation dan konsentrasi kation pada larutan. Apabila Ca^{2+} diganti dengan K^+ diperlukan persyaratan lain, yaitu konsentrasi K^+ pada larutan harus lebih tinggi dari konsentrasi Ca^{2+} . Jika kedua kation yang akan melakukan proses pertukaran kation mempunyai valensi sama, kation yang mempunyai ukuran lebih besar mempunyai kemampuan menukar kation lebih besar dibandingkan kation berukuran lebih kecil (Tan, 2001).

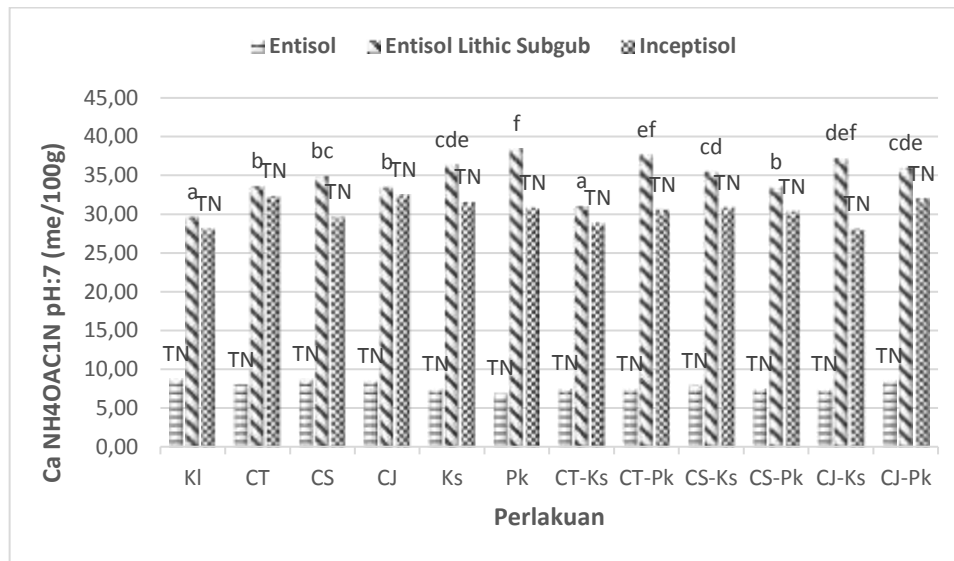
Tabel 34. Hasil uji DMRT Ca NH_4OAC 1N pH:7 pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Ca NH_4OAC 1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
KI	8.74 ^{TN}	29.56 a	28.00 ^{TN}
CT	7.96 ^{TN}	33.58 b	32.27 ^{TN}
CS	8.67 ^{TN}	34.85 bc	29.55 ^{TN}
CJ	8.39 ^{TN}	33.41 b	32.43 ^{TN}
Ks	7.40 ^{TN}	36.33 cde	31.47 ^{TN}
Pk	6.83 ^{TN}	38.39 f	30.74 ^{TN}
CT-Ks	7.49 ^{TN}	31.01 a	28.84 ^{TN}
CT-Pk	7.39 ^{TN}	37.61 ef	30.47 ^{TN}
CS-Ks	7.83 ^{TN}	35.43 cd	30.77 ^{TN}
CS-Pk	7.42 ^{TN}	33.45 b	30.27 ^{TN}
CJ-Ks	7.33 ^{TN}	37.19 def	28.00 ^{TN}
CJ-Pk	8.35 ^{TN}	35.95 cde	31.96 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$



Gambar 9. Ca NH4OAC1N pH:7 pada entisol, entisol lithic subgub dan inceptisol

Mg NH4OAC1N pH:7

Pemberian biochar secara tunggal dan dikombinasikan dengan pupuk organik menunjukkan hasil bahwa berbeda nyata di ketiga jenis tanah baik pada entisol, entisol lithic subgub dan inceptisol pada variabel Mg. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 35, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 36.

Tabel 35. Hasil analisis nested design Mg NH4OAC1N pH:7

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.000

Tabel 35. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Mg NH4OAC1N pH:7.

Jenis Tanah

Tabel 35. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Mg NH4OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 35. menunjukkan nilai sig adalah 0.000 < α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Mg NH4OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 35. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Mg NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 35. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Mg NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 35. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Mg NH₄OAC1N pH:7.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 36.

Tabel 36. Hasil uji DMRT Mg NH₄OAC1N pH:7 pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	Mg NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
Kl	1.11 e	2.57 g	1.36 abc
CT	0.67 bc	0.29 a	0.94 a
CS	0.97 de	0.17 a	2.08 cde
CJ	0.82 cd	0.47 b	1.12 ab
Ks	0.54 b	1.97 f	2.05 cde
Pk	0.18 a	1.30 d	2.72 e
CT-Ks	0.29 a	1.55 e	5.08 f
CT-Pk	0.89 d	0.72 c	1.78 bcd
CS-Ks	1.35 f	1.49 e	2.12 cde
CS-Pk	1.36 f	1.58 e	2.21 de
CJ-Ks	0.25 a	0.84 c	2.25 de
CJ-Pk	1.35 f	0.24 a	1.61 abcd

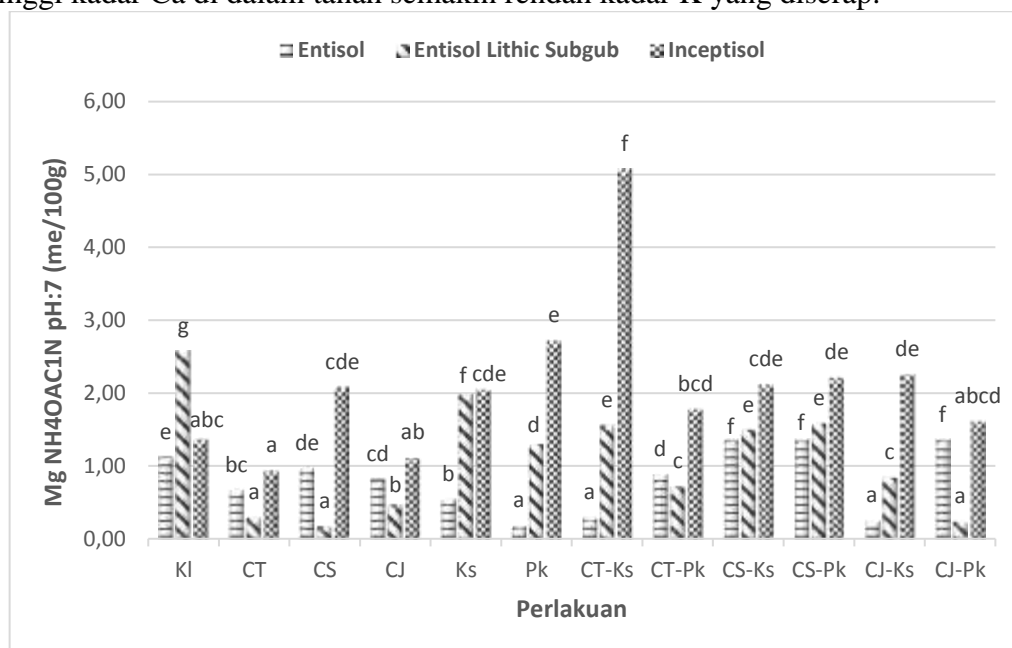
* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Pada tanah entisol perlakuan biochar sekam padi kompos- CSKs (1.35 me/100g), biochar sekam padi pukan- CSPk (1.36 me/100g) dan biochar jengkok tembakau pukan-CJPk (1.35 me/100g) merupakan perlakuan terbaik pada parameter Mg NH₄OAC1N, ketiga perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Kontrol (1.11 me/100g) dan biochar sekam padi- CS (0,97 me/100g). Pada tanah entisol lithic subgub perlakuan kontrol memiliki hasil tertinggi pada parameter Mg NH₄OAC1N yaitu sebesar 2,57 me/100g, perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Kompos- Ks sebesar 1,97 me/100g dan perlakuan Kompos-Ks berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung kompos - CTKs (1.55 me/100g), biochar sekam padi kompos- CSKs (1.49 me/100g) dan biochar sekam padi pukan - CSPk (1.58 me/100g). Sedangkan, pada tanah inceptisol perlakuan biochar tongkol jagung kompos- CTKs (5,08 me/100g) merupakan perlakuan terbaik dalam parameter Mg NH₄OAC1N perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Pukan- Pk (2.72 me/100g). Ketiga jenis tanah ini memiliki hasil Mg NH₄OAC1N

yang berbeda-beda tetapi diantara ketiga tanah ini kandungan Mg NH₄OAC1N tertinggi didapatkan pada tanah inceptisol pada perlakuan biochar tongkol jagung kompos- CTKs yaitu sebesar 5,08 me/100g.

Rosmarkam dan Yuwono (2002) yang menerangkan bahwa Mg berperan dalam proses fotosintesis tanaman karena sebagai pembentuk klorofil. Magnesium juga memiliki peranan terhadap metabolisme unsur hara sehingga Mg sangat mempengaruhi kualitas daun jagung. Ion kalium relatif rendah berkisar 0,1– 0,2 me/100 g tanah dan kompleks adsorpsi didominasi oleh Ca dan Mg. Hasil ini sejalan dengan Lehmann *et al.* (2003) bahwa aplikasi biochar dapat meningkatkan pencucian K, tetapi tidak untuk unsur Ca dan Mg. Pemberian biochar menyebabkan kenaikan kadar Ca di dalam tanah dibanding tanpa biochar. Makin tinggi kadar Ca di dalam tanah semakin rendah kadar K yang diserap.



Gambar 10. Mg NH₄OAC1N pada tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol

KTK NH₄OAC1N pH:7

Perlakuan kontrol dengan pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada parameter KTK di tanah entisol lithic subgub dan inceptisol. Sedangkan, pada tanah entisol perlakuan kontrol dengan perlakuan aplikasi biochar tidak berbeda nyata pada parameter KTK. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 37, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 38.

Tabel 37. Hasil analisis nested design KTK NH₄OAC1N pH:7

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.952
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.011

Tabel 37. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig < α (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel KTK NH₄OAC1N pH:7.

Jenis Tanah

Tabel 37. menunjukkan nilai sig (0.000) < α (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap KTK NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 37. menunjukkan nilai sig adalah 0.000 < α (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap KTK NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 37. menunjukkan nilai sig adalah 0.952 > α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap KTK NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 37. menunjukkan nilai sig adalah 0.000 < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KTK NH₄OAC1N pH:7.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 37. menunjukkan nilai sig adalah 0.011 < α (=0.05), sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KTK NH₄OAC1N pH:7.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 38.

Tabel 38. Hasil uji DMRT KTK NH₄OAC1N pH:7 pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	KTK NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
KI	15.08 ^{TN}	34.95 a	35.23 a
CT	15.74 ^{TN}	39.77 bcd	37.50 ab
CS	14.67 ^{TN}	38.72 b	38.23 b
CJ	15.13 ^{TN}	39.51 bc	39.13 b
Ks	16.13 ^{TN}	42.25 e	38.50 b
Pk	16.14 ^{TN}	41.88 cde	39.50 b
CT-Ks	15.64 ^{TN}	36.04 a	38.65 b
CT-Pk	15.19 ^{TN}	42.08 de	38.30 b
CS-Ks	15.64 ^{TN}	40.25 bcde	38.33 b
CS-Pk	15.78 ^{TN}	39.45 bc	38.77 b
CJ-Ks	15.20 ^{TN}	41.22 cde	38.91 b
CJ-Pk	15.63 ^{TN}	40.06 bcde	39.08 b

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

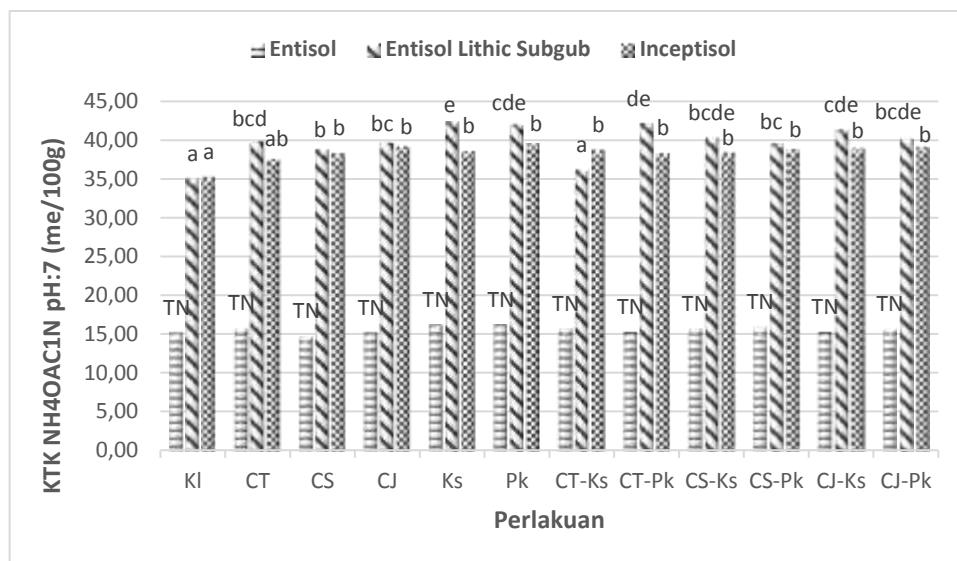
**Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$

Pada Tabel 18 Tanah entisol lithic subgub perlakuan Kompos-Ks (42.25 me/100g) memiliki hasil nilai KTK yang tertinggi perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung- CT (39.77 me/100g) sedangkan perlakuan biochar tongkol jagung-CT (39.77 me/100g) berbeda nyata dengan kontrol (34.95 me/100g). Pada tanah inceptisol perlakuan terbaik untuk parameter KTK adalah Biochar sekam padi- CS (38.23 me/100g), Biochar jengkok tembakau-CJ (39.13 me/100g), Kompos- Ks (38.50 me/100g), Pukan- Pk (39.50 me/100g), Biochar tongkol jagung kompos- CTKs (38.65 me/100g), Biochar tongkol jagung pukan- CTPk (38.30 me/100g), Biochar sekam padi kompos- CSKs (38.33 me/100g), Biochar sekam padi pukan- CSPk (38.77 me/100g), Biochar jengkok tembakau-kompos- CJKs (38.91 me/100g) dan Biochar jengkok tembakau pukan- CJ-Pk (39.08 me/100g) perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (35.23 me/100g). Sedangkan, pada tanah entisol parameter KTK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol.

Pada fase awal keberadaan biochar dalam tanah, oksidasi abiotik juga dijumpai lebih penting dari pada oksidasi biotik dalam pembentukan muatan permukaan negatif dan KTK (Cheng *et al.*, 2006). Meningkatnya KTK tanah setelah aplikasi biochar disebabkan oleh adanya pembentukan gugus karboksilat hasil oksidasi abiotik yang terjadi pada permukaan luar partikel biochar (Cheng *et al.*, 2006). Hal inilah yang selalu dijadikan alasan penguat meningkatnya KTK setelah aplikasi biochar dalam tanah. Menurut Sohi *et al.* (2009), KTK tanah merupakan suatu ukuran seberapa baik hara diikat oleh tanah sehingga dapat menahan hara akibat proses leaching ke bagian bawah tanah maupun kehilangan

permukaan tanah. Jika sifat tanah yang berkaitan dengan retensi hara dapat diperbaiki berarti ada jaminan bahwa hara yang diberikan akan dapat tersedia baik bagi tanaman

Selain bahan baku yang mudah didapat, biochar juga mempunyai pengaruh jangka panjang terhadap kondisi tanah, sebagaimana Menurut Mawardiana, *et al.*, (2013) menyatakan bahwa biochar sebagai bahan pembenah tanah memiliki sifat rekalsitran, lebih tahan terhadap oksidasi dan lebih stabil dalam tanah sehingga memiliki pengaruh jangka panjang terhadap perbaikan kualitas kesuburan tanah (C-organik tanah dan KTK). Biochar mempunyai waktu tinggal dalam tanah cukup lama, sehingga penggunaan biochar sebagai pembenah tanah selain memperbaiki sifat fisika-kimia tanah juga dapat merupakan penyimpan karbon yang baik. Pengkayaan tanah akan karbon melalui penambahan biochar berpengaruh positif terhadap sifat tanah antara lain stabilitas agregat tanah, KTK tanah, kandungan C-Organik tanah, retensi air dan hara. Menurut Darman (2008), karbon yang berada dalam bentuk arang di dalam tanah memiliki waktu paruh sekitar 1000 tahun, dan sekitar 50% akan mulai terurai lebih dari 1000 tahun.



Gambar 11. KTK NH₄OAC1N pH:7 tanah entisol, entisol lithic subgub, inceptisol

KB

Nilai kejenuhan basa (KB) adalah persentase dari total kapasitas tukar kation (KTK) yang ditempati oleh kation-kation basa seperti kalium, kalsium, magnesium, dan natrium. Hasil analisis kejenuhan basa menyebutkan bahwa pada setiap perlakuan memiliki hasil yang berbeda nyata dengan kontrol. Sedangkan pada tanah entisol lithic subgub dan inceptisol menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada setiap perlakuan dengan kontrol. Hasil analisis dengan nested

design disajikan pada Tabel 39, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 40.

Tabel 39. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), serta Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig $< \alpha (=0.05)$ maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel KB.

Jenis Tanah

Tabel 39. menunjukkan nilai sig $(0.000) < \alpha (=0.05)$, sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap KB.

Tabel 39. Hasil analisis nested design KB

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.000
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgab	0.795
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.053

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 39. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap KB.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol

Tabel 39. menunjukkan nilai sig adalah $0.000 < \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KB.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgub

Tabel 39. menunjukkan nilai sig adalah $0.795 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah entisol lithic subgub, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap KB.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah inceptisol

Tabel 39. menunjukkan nilai sig adalah $0.053 > \alpha (=0.05)$, sehingga pada jenis tanah inceptisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap KB. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 40.

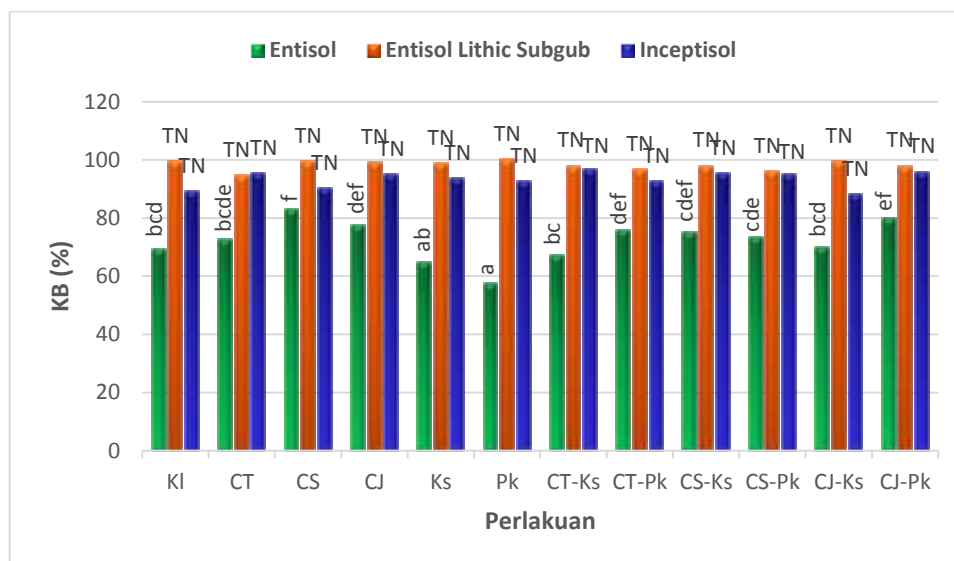
Pada tanah entisol perlakuan Biochar sekam padi-CS (83%) merupakan perlakuan yang paling tinggi dalam parameter kejenuhan basa, perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Biochar tongkol jagung-CT (73%) sedangkan perlakuan Biochar tongkol jagung- CT berbeda nyata dengan perlakuan Pukan-Pk (58%). Sedangkan, pada tanah entisol lithic subgub dan inceptisol memiliki hasil yang tidak berbeda nyata dengan kontrol untuk parameter kejenuhan basa.

Tabel 40. Hasil uji DMRT KB pada masing-masing jenis tanah

Perlakuan	KB (%)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol
KI	69 bcd	100 ^{TN}	89 ^{TN}
CT	73 bcde	95 ^{TN}	95 ^{TN}
CS	83 f	99 ^{TN}	90 ^{TN}
CJ	78 def	99 ^{TN}	95 ^{TN}
Ks	65 ab	99 ^{TN}	94 ^{TN}
Pk	58 a	100 ^{TN}	93 ^{TN}
CT-Ks	67 bc	98 ^{TN}	97 ^{TN}
CT-Pk	76 def	97 ^{TN}	93 ^{TN}
CS-Ks	75 cdef	98 ^{TN}	96 ^{TN}
CS-Pk	74 cde	96 ^{TN}	95 ^{TN}
CJ-Ks	70 bcd	100 ^{TN}	88 ^{TN}
CJ-Pk	80 ef	98 ^{TN}	96 ^{TN}

^{TN} : tidak signifikan

* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah. **Uji DMRT dengan $\alpha=5\%$



Gambar 12. Kejenuhan Basa (%) tanah entisol, entisol lithic subgub, Inceptisol

Kejenuhan basa tanah dapat didefinisikan sebagai persen kompleks atau daerah pertukaran kation pada permukaan koloid liat atau bahan organik yang ditempati oleh kation-kation basa. Peningkatan persen KB tanah merupakan efek dari meningkatnya konsentrasi kation-kation basa (Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^{+}) dan merupakan indikator meningkatnya kesuburan kimia tanah oleh aplikasi arang. Peningkatan pH berdampak terhadap meningkatnya kejenuhan basa. Kejenuhan basa meningkat 10 kali lipat lebih tinggi setelah amandemen arang pada tanah bertekstur pasir (*sandy soil*) dan tanah berlempung (*loamy soil*) daripada tanah berliat (*clayey soil*) (Tryon, 1948 dalam Glaser *et al.*, 2002).

Nilai kejenuhan basa (KB) adalah persentase dari total kapasitas tukar kation (KTK) yang ditempati oleh kation-kation basa seperti kalium, kalsium, magnesium, dan natrium. Nilai KB berhubungan erat dengan pH dan tingkat kesuburan tanah. Kemasaman akan menurun dan kesuburan akan meningkat dengan meningkatnya KB. Laju pelepasan kation terjerab bagi tanaman tergantung pada tingkat kejenuhan basa tanah. Kejenuhan basa tanah berkisar 50%-80% tergolong mempunyai kesuburan sedang dan dikatakan tidak subur jika kurang dari 50% (Tan, 2001). Tingkat kejenuhan basa suatu tanah mempengaruhi kation tanah. Hal ini terjadi karena ada interaksi antara partikel kapur dengan partikel bahanorganik hasil dari dekomposisi oleh mikroorganisme. Partikel organik yang semula dipengaruhi oleh H^+ digantikan oleh Ca^{+} (Anonymous, 2019).

5.1.3. SIFAT KIMIA TANAH SETELAH PANEN

Bahan Organik Tanah

Berdasarkan hasil dari Tabel 41, menunjukan bahwa terdapat pengaruh perubahan kandungan bahan organik tanah setelah diberikan biochar-pupuk organik di tiga jenis tanah. Pemberian biochar-pupuk organik berpengaruh signifikan terhadap kandungan bahan organik pada Entisol dan Inceptisol. Pada Entisol lithic subgrup pemberian biochar-pupuk organik tidak memiliki pengaruh terhadap kandungan bahan organik tanah setelah dua tahun aplikasi.

Tabel 41. Nilai signifikan Bahan Organik Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Entisol	0
Biochar-Pupuk Organik di Entisol Lithic Subgrup	0.083
Biochar-Pupuk Organik di Inceptisol	0

Pada Entisol, kandungan bahan organik berkisar antara 1,62 - 3,12% yang memiliki status rendah – sedang. Pada Entisol lithic subgrup kandungan bahan organik berkisar antara 1,53 - 2,17% yang memiliki status rendah – sedang. Sedangkan pada Inceptisol kandungan bahan organik berkisar antara 1,02 - 5,00% memiliki status rendah – tinggi.

Pengaruh biochar telah terbukti meningkatkan sifat fisik dan biokimia tanah yang dibudidayakan (Asai *et al.*, 2009; Mayor *et al.*, 2010b). Pada tanah Entisol, perlakuan kontrol memiliki kandungan bahan organik yang paling rendah yaitu 1,62% dan tidak berbeda dengan perlakuan dengan pemberian kompos (Tabel 2). Perlakuan biochar tongkol jagung memiliki kandungan bahan organik sebesar 2,46% dan lebih tinggi ketika ditambahkan dengan kompos yaitu menjadi 2,68%. Sedangkan penambahan pupuk kandang justru menurunkan kandungan bahan organik dari 2,46% menjadi sebesar 2,30%. Pada pemberian biochar sekam

padi, kandungan bahan organik tanah sebesar 2,40% jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian biochar sekam padi yang digabungkan dengan kompos yaitu sebesar 2,13%. Sedangkan dengan pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan aplikasi biochar sekam padi saja yaitu sebesar 3,12%. Sedangkan pada pemberian biochar jengkok-tembakau, kandungan bahan organik tanah yang dihasilkan adalah 2,83% jauh lebih tinggi bila ditambahkan pupuk organik seperti kompos dan pupuk kandang. Pada tanah Entisol lithic subgrup, tidak terdapat pengaruh kandungan bahan organik terhadap pemberian biochar tunggal maupun biochar+pupuk organik.

Pada tanah Inceptisol, perlakuan kontrol memiliki kandungan bahan organik yang paling rendah yaitu sebesar 1,02%. Dari ketiga jenis tanah yang diteliti, Inceptisol memiliki kandungan bahan organik tanah yang paling rendah dibandingkan dengan Entisol dan Entisol lithic subgrup (Tabel 2). Pada Inceptisol, pemberian biochar jengkok-tembakau, biochar tongkol jagung dan biochar sekam padi secara tunggal tanpa pemberian pupuk organik yang lain memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan biochar+pupuk organik lainnya. Menurut Woolf *et al.* (2010) bahwa aplikasi biochar dapat meningkatkan kadar karbon, nitrogen, fosfor, kalium, dan magnesium.

Sifat biochar relatif inert, tersisa di tanah dan pengaruhnya lebih lama daripada amandemen organik lainnya sehingga kesehatan tanah dan hasil panen ditingkatkan setelah menerapkan biochar ke tanah (David *et al.*, 2013). Setelah dua tahun aplikasi biochar pada penelitian ini, biochar jengkok-tembakau memiliki kandungan bahan organik yang paling tinggi yaitu sebesar 5,00%, diikuti dengan biochar tongkol jagung dan biochar sekam padi masing-masing sebesar 4,18% dan 3,75%. Sedangkan pemberian biochar jengkok-tembakau dan pupuk organik baik kompos dan pupuk kandang menghasilkan bahan organik yang lebih rendah dibandingkan dengan pemberian biochar jengkok-tembakau secara tunggal yaitu sebesar 1,96% dan 2,35%. Pemberian biochar tongkol jagung dengan penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang memiliki kandungan bahan organik yang tidak berbeda dengan pemberian biochar tongkol jagung secara tunggal yaitu 3,80%. Sedangkan pemberian biochar tongkol jagung dengan kompos memiliki nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 2,89%. Pemberian biochar sekam padi secara tunggal juga menghasilkan bahan organik tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi biochar sekam padi dan pupuk organik (kompos dan pupuk kandang). The positive effects of biochar on soil properties are realized through increased soil fertility (Verheijen *et al.*, 2010). According to Akca and Namli (2015), SOM was significantly improved after the amendment of biochar compared with controls and chemical fertilizers. β -glucosidase, alkaline phosphatase, urease and arylsulphatase enzyme activity in the soil increases significantly with biochar application, which accelerates the decomposition of organic matter. Soil enzyme activity has been associated with physical-chemical characteristics of the soil (Amador *et al.*, 1997 dan Kussainova *et al.*, 2013).

Tabel 42. Nilai Kandungan Bahan Organik Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenah Tanah

Perlakuan	Bahan Organik (%)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	1.62 a	1.53 ^{ns}	1.02 a
Biochar tongkol jagung (CT)	2.46 cdef	1.89 ^{ns}	4.18e
Biochar sekam padi (CS)	2.40 cde	2.11 ^{ns}	3.75e
Biochar jengkok-tembakau (CJ)	2.83 fg	1.69 ^{ns}	5.00f
Kompos (Ks)	1.98 ab	2.04 ^{ns}	2.15 bc
Pupuk kandang (Pk)	2.36 bcde	2.07 ^{ns}	2.84 d
Biochar tongkol+kompos (CKs)	2.68 def	1.96 ^{ns}	2.89d
Biochar tongkol+pukan (CT+Pk)	2.30 bcd	2.17 ^{ns}	3.80e
Biochar sekam+kompos (CS+Ks)	2.13 bc	2.00 ^{ns}	2.09 bc
Biochar sekam+pukan (CS+Pk)	3.12 g	2.01 ^{ns}	2.58 cd
Biochar jengkok+kompos (CJ+Ks)	2.43 cdef	1.98 ^{ns}	1.96 b
Biochar jengkok+pukan (CJ+Pk)	2.74 ef	2.30 ^{ns}	2.35 bcd

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Kandungan N total

Berdasarkan Tabel 43, pemberian biochar-pupuk organik merubah status kadar N total tanah pada jenis tanah karena nilai Sig<0,05. Begitu pula perlakuan biochar-pupuk organik merubah status kadar N total tanah dalam Entisol dan Inceptisol menunjukkan pengaruh yang signifikan. Namun lain halnya dengan perlakuan biochar+pupuk organik dalam Entisol lithic subgrup yang tidak memiliki pengaruh terhadap kadar N total.

Tabel 43. Nilai signifikan N Total Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Entisol	0
Biochar-Pupuk Organik di Entisol Lithic Subgrup	0.728
Biochar-Pupuk Organik di Inceptisol	0

Pada Entisol kadar N total berkisar antara 0,11-0,21% yang berstatus rendah – sedang. Pada Entisol lithic subgrup kadar N berkisar antara 0,12-0,16% yang berstatus rendah. Sedangkan pada Inceptisol kadar N total berkisar antara 0,07 – 0,29 yang berstatus rendah – sedang.

Pada Entisol, perlakuan kontrol memiliki kadar N total terendah yaitu sebesar 0,11% dan berbeda dengan perlakuan lainnya yang memiliki kadar N total

lebih tinggi. Aplikasi biochar saja baik biochar tongkol jagung, biochar sekam padi serta biochar jengkok-tembakau menghasilkan kadar N total lebih tinggi dibandingkan kontrol yaitu masing-masing sebesar 0,16%, 0,15% serta 0,16% (Tabel 4). Hal ini sejalan dengan Pan et al. (2009), meningkatnya efisiensi N dan produktivitas tanaman karena kadar karbon organik tanah tinggi setelah amendemen biochar. Namun pada penelitian ini, dengan adanya tambahan pupuk organik (kompos dan pupuk kandang) di ketiga jenis biochar dapat meningkatkan kadar N total dengan peningkatan masing-masing yaitu 0,3%; 0,6% serta 0,2%. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian biochar yang ditambah dengan pupuk organik memberikan dampak yang baik dalam peningkatan kadar N total pada tanah Entisol dibandingkan dengan aplikasi biochar saja. Karena setelah dekomposisi dan mineralisasi pupuk organik akan menyumbang unsur hara terutama N.

Pada Entisol lithic subgroup, perlakuan tidak memiliki pengaruh terhadap peningkatan N total pada tanah. Pada Inceptisol perlakuan kontrol juga memiliki kadar N total paling rendah yaitu sebesar 0,07%. Pemberian biochar saja baik biochar tongkol jagung, sekam padi, serta jengkok atau aplikasi pupuk organik saja dapat meningkatkan N total 4 kali lipatnya dibandingkan dengan kontrol. Namun ketika biochar ditambahkan dengan tambahan pupuk organik maka nilai kadar N total yang dihasilkan tidak lebih besar dibandingkan dengan pemberian biochar saja. Pada pemberian biochar tongkol jagung maupun kompos menghasilkan N total tanah sebesar 0,28% sedangkan dengan penambahan kompos ataupun pupuk kandang dapat menghasilkan N total tanah masing-masing sebesar 0,22% dan 0,20% (hampir 3 kali lipat dibandingkan kontrol). Pada pemberian biochar sekam padi menghasilkan nilai kadar N total sebesar 0,27% sedangkan dengan adanya penambahan kompos dan pupuk kandang nilai kadar N total yang dihasilkan yaitu masing-masing sebesar 0,23% dan 0,18%. Begitu pula dengan pemberian biochar jengkok-tembakau yang dapat menghasilkan nilai kadar N total sebesar 0,29% jauh lebih tinggi apabila ditambahkan dengan kompos dan pupuk kandang yang dapat menghasilkan kadar N total masing-masing sebesar 0,21% dan 0,19% (Tabel 4). Hal ini mengindikasikan bahwa pada Inceptisol, pemberian biochar saja jauh lebih baik dibandingkan dengan pemberian biochar yang ditambahkan dengan pupuk organik dalam meningkatkan kandungan N total tanah.

Menurut Nguyen *et al.*, (2017) aplikasi biochar dapat meningkatkan kelembaban dan pH tanah, sehingga merangsang proses mineralisasi N dan nitrifikasi yang menyebabkan serapan tanaman meningkat. Adanya peningkatan serapan ini menyebabkan pemanfaatan nitrogen dari penggunaan pupuk menjadi meningkat (Steiner et al., 2007; Widowati et al., 2011). Akibatnya terjadi peningkatan hasil panen dengan aplikasi biochar karena meningkatnya pemanfaatan nitrogen dari penggunaan pupuk (Steiner et al., 2007; Widowati et al., 2011).

Kandungan P Tersedia

Fosfor (P) merupakan unsur hara esensial bagi tanaman yang tidak bisa digantikan dengan unsur lainnya. Ketersediaan P dalam tanah dipengaruhi oleh

kemasaman tanah. Fungsi penting fosfor adalah berperan dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses lainnya. Pemberian biochar dan pupuk organik meningkatkan kandungan P tersedia yang ada di tiga jenis tanah penelitian karena semuanya bernilai signifikan ($\text{Sig} < 0,05$) (Tabel 5).

Tabel 44. Nilai N Total Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah

Perlakuan	N total (%)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	0.11 a	0.12 ^{ns}	0.07 a
Biochar tongkol jagung (CT)	0.16 bcde	0.12 ^{ns}	0.28 de
Biochar sekam padi (CS)	0.15 abc	0.14 ^{ns}	0.27 cde
Biochar jengkok-tembakau (CJ)	0.16 bcd	0.13 ^{ns}	0.29 e
Kompos (Ks)	0.12 ab	0.16 ^{ns}	0.28 de
Pupuk kandang (Pk)	0.16 bcd	0.16 ^{ns}	0.24 bcde
Biochar tongkol+kompos (CKs)	0.19 def	0.13 ^{ns}	0.22 bcde
Biochar tongkol+pukan (CT+Pk)	0.19 def	0.14 ^{ns}	0.20 bc
Biochar sekam+kompos (CS+Ks)	0.21 ef	0.13 ^{ns}	0.23 bcde
Biochar sekam+pukan (CS+Pk)	0.21 f	0.13 ^{ns}	0.18 b
Biochar jengkok+kompos (CJ+Ks)	0.18 cdef	0.15 ^{ns}	0.21 bcd
Biochar jengkok+pukan (CJ+Pk)	0.18 cdef	0.15 ^{ns}	0.19 b

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Tabel 45. Nilai signifikan P Olsen Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Entisol	0
Biochar-Pupuk Organik di Entisol Lithic Subgrup	0
Biochar-Pupuk Organik di Inceptisol	0

Pada Entisol, kandungan P tersedia berkisar antara 30,95 – 71,77 mg kg⁻¹ yang memiliki status sedang – sangat tinggi. Pada Entisol lithic subgrup kandungan P tersedia berkisar antara 14,30 – 43,93 mg kg⁻¹ yang memiliki status rendah – tinggi. Sedangkan pada Inceptisol kandungan P tersedia berkisar antara 25,34 – 58,81 mg kg⁻¹ memiliki status sedang – tinggi.

Kadar P tersedia pada Entisol dan Inceptisol pada perlakuan kontrol memiliki kandungan yang tinggi yaitu masing-masing 40,16 mg kg⁻¹ dan 37,42 mg kg⁻¹, sedangkan pada tanah Entisol lithic subgrup memiliki P tersedia lebih rendah yaitu sebesar 14,30 mg kg⁻¹. Pada Entisol, pemberian biochar tongkol

jagung dan biochar sekam padi secara tunggal tidak mempengaruhi kandungan P tersedia dibandingkan dengan kontrol. Sedangkan pemberian biochar jengkok-tembakau memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap kandungan P tersedia yaitu sebesar $63,72 \text{ mg kg}^{-1}$. Pemberian pupuk organik baik kompos maupun pupuk kandang secara tunggal (tanpa biochar) juga meningkatkan kandungan P tersedia lebih baik dibandingkan dengan kontrol masing-masing sebesar $59,84 \text{ mg kg}^{-1}$ dan $64,28 \text{ mg kg}^{-1}$. Sedangkan pemberian biochar+pupuk organik baik kompos maupun pupuk kandang memberikan respon yang bervariasi terhadap kandungan P Tersedia pada tanah Entisol. Pada biochar tongkol jagung+kompos dan biochar tongkol jagung+pupuk kandang nilai P tersedia yang dihasilkan cukup tinggi (Tabel 6). Hasil ini hampir sama dengan biochar jengkok-tembakau+kompos dan biochar jengkok-tembakau+pupuk kandang yang memiliki kandungan P tersedia yang tinggi yaitu masing-masing sebesar $55,56 \text{ mg kg}^{-1}$ dan $43,47 \text{ mg kg}^{-1}$. Kondisi ini berbeda pada biochar sekam padi+kompos dan biochar sekam padi+pupuk kandang yang memiliki kandungan P tersedia dalam tanah yang rendah dan sama dengan kontrol.

Menurut Akande *et al.*, (2010), pemberian bahan organik dapat menurunkan adsorpsi P karena dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam organik yang menyelimuti permukaan liat. Salawati *et al.*, (2016) menambahkan biochar sekam padi pada gugus fungsional dari asam organik, keadaan tersebut menyebabkan luas permukaan adsorpsi P berkurang dengan menurunnya adsorpsi P tanah yang meningkatkan ketersediaan P. Ketersediaan P berhubungan dengan pH tanah, apabila pH tanah <5 maka ion akan diendapkan dalam bentuk persenyawaan kompleks dengan Al dan Fe yang tidak larut. Sedangkan P pada pH tanah lebih $>7,5$ ion P akan terikat dengan Ca dalam bentuk persenyawaan kompleks. Sedangkan pada pH netral P akan tersedia bagi tanaman jika tanah mengandung cukup P.

Pada tanah Entisol lithic subgrup, perlakuan kontrol memiliki kandungan P tersedia yang paling rendah yaitu sebesar $14,30 \text{ mg kg}^{-1}$. Pemberian biochar tongkol jagung dan sekam padi secara tunggal tidak mempengaruhi peningkatan kandungan P tersedia namun pada pemberian biochar jengkok-tembakau memberikan peningkatan kandungan P tersedia dua kali lipat dibandingkan dengan semula. Pemberian pupuk organik seperti kompos dan pupuk kandang juga tidak berpengaruh meningkatkan kandungan P tersedia. Sedangkan pemberian kombinasi biochar dan pupuk organik baik kompos dan pupuk kandang memiliki respon yang berbeda terhadap kandungan P tersedia tanah. Pada biochar tongkol jagung pemberian kompos dan pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan P tersedia lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian biochar tongkol jagung secara tunggal. Namun pada biochar sekam padi dengan pemberian kompos menghasilkan kandungan P tersedia yang sama dengan pemberian biochar sekam padi secara tunggal. Namun pada pemberian biochar sekam padi+pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan P tersedia hampir dua kali lipat. Sedangkan pemberian biochar jengkok-tembakau dan kompos atau pupuk kandang meningkatkan kandungan P lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian biochar jengkok-tembakau secara tunggal.

Pada tanah Inceptisol, kandungan P tersedia paling banyak terdapat pada perlakuan biochar sekam padi diikuti dengan perlakuan biochar tongkol jagung. Sedangkan pemberian biochar jengkok-tembakau menghasilkan kandungan P tersedia lebih rendah setengah dari perlakuan biochar sekam padi. Pemberian kompos secara tunggal memberikan pengaruh menurunkan kandungan P tersedia sedangkan pemberian pupuk kandang meningkatkan kandungan P tersedia dari 37,42 mg kg⁻¹ (pada perlakuan kontrol) menjadi sebesar 47,63 mg kg⁻¹. Pada tanah Inceptisol pemberian biochar secara tunggal lebih baik diaplikasikan karena dapat meningkatkan kandungan P tersedia lebih tinggi hampir 2 kali lipat baik pada biochar tongkol jagung dan sekam padi. Pada pemberian biochar tongkol jagung dan biochar sekam padi yang dikombinasikan dengan kompos memiliki kandungan P tersedia paling rendah, sedangkan berbeda dengan pemberian biochar yang dikombinasikan dengan pupuk kandang. Namun kandungan P tersedia dari kombinasi dengan pupuk kandang masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan aplikasi biochar tongkol jagung dan sekam padi secara tunggal.

Tabel 46. Nilai Kandungan P Tersedia Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenah Tanah

Perlakuan	P.Olsen (mg kg ⁻¹)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	40.16 abc	14.30 a	37.42bcd
Biochar tongkol jagung (CT)	47.41 abcd	25.46 abc	49.10e
Biochar sekam padi (CS)	34.78 ab	19.28 ab	58.81f
Biochar jengkok-tembakau (CJ)	63.72 de	30.82 cd	28.39ab
Kompos (Ks)	59.84 cde	16.98 a	25.18a
Pupuk kandang (Pk)	64.28 de	19.70 ab	47.63e
Biochar tongkol+kompos (CKs)	54.39 bcde	29.86 bc	27.21a
Biochar tongkol+pukan (CT+Pk)	71.77 e	43.93 e	39.90cde
Biochar sekam+kompos (CS+Ks)	30.95 a	16.11 a	30.47abc
Biochar sekam+pukan (CS+Pk)	51.05 abcde	34.05 cde	43.85de
Biochar jengkok+kompos (CJ+Ks)	55.56 bcde	41.14 de	25.34a
Biochar jengkok+pukan (CJ+Pk)	43.47 abcd	16.03 a	33.26abc

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

K Tersedia

Berdasarkan Tabel 7, terdapat pengaruh pemberian biochar dan pupuk organik pada Entisol lithic subgrup dan Inceptisol dalam meningkatkan kandungan K tersedia dalam tanah secara signifikan. Pada Entisol, kandungan K tersedia berkisar antara 0,37 – 0,57 me 100g⁻¹ yang memiliki status sangat rendah. Pada Entisol lithic subgrup kandungan K tersedia berkisar antara 0,52 – 1,02 me 100g⁻¹ yang memiliki status sangat rendah – rendah. Sedangkan pada Inceptisol, kandungan K tersedia berkisar antara 0,26 – 1,01 me 100g⁻¹ memiliki status sangat rendah – rendah.

Tabel 47. Nilai signifikan K dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik di Entisol	0.214
Biochar-Pupuk Organik di Entisol Lithic Subgrup	0
Biochar-Pupuk Organik di Inceptisol	0

Pada Entisol, kandungan K tersedia setelah diberi biochar dan pupuk organik tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan pada Entisol lithic subgrup terjadi peningkatan yang signifikan setelah diberikan biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik. Kandungan K tersedia pada perlakuan kontrol di Entisol lithic subgrup sebesar 0,56 me/100g dan merupakan kandungan K tersedia yang paling rendah (Tabel 8). Kandungan K tersedia setelah pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik berkisar antara 0,52 – 1,02 me 100g⁻¹. Kriteria kadar K tersedia dikatakan sangat tinggi jika > 1 cmol kg⁻¹. Perlakuan tunggal biochar pada penelitian ini tidak meningkatkan kandungan K tersedia. Pemberian pupuk organik seperti kompos dan pupuk kandang meningkatkan kandungan K paling tinggi masing-masing menjadi 1,02 me 100g⁻¹ dan 0,85 me 100g⁻¹ (hampir 2 kali lipatnya). Sedangkan pemberian biochar tongkol jagung dan sekam padi yang dikombinasikan dengan pupuk organik seperti kompos dan pupuk kandang tidak meningkatkan kandungan K tersedia. Pemberian biochar jengkok-tembakau dengan kompos atau pupuk kandang menghasilkan kandungan K tersedia lebih tinggi dan dapat meningkatkan kandungan K tersedia sebesar 0,34-0,39 me 100g⁻¹ menjadi masing-masing sebesar 0,95 me 100g⁻¹ dan 0,90 me 100g⁻¹.

Pada tanah Inceptisol, kandungan K tersedia pada perlakuan kontrol sebesar 0,26 me 100g⁻¹. Setelah pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik terjadi peningkatan kandungan K tersedia menjadi 0,57 – 1,01 me/100g (Tabel 8). Pemberian biochar tunggal baik biochar tongkol jagung, biochar sekam padi serta biochar jengkok-tembakau dapat meningkatkan kandungan K tersedia menjadi 3 kali lipat dari semula. Hal yang sama dilaporkan bahwa N total, P dan K jauh lebih tinggi setelah tanah diperlakukan biochar dibandingkan dengan biomassa (Khan et al., 2014). Begitu pula dengan pemberian pupuk organik secara tunggal dapat meningkatkan kandungan K tersedia menjadi 3 kali lipatnya. Sedangkan pemberian biochar tongkol jagung, biochar sekam padi dan biochar jengkok-tembakau yang dikombinasikan dengan pupuk organik dapat meningkatkan kandungan K tersedia lebih tinggi masing-masing sebesar 2 kali lipat, 3 kali lipat dan 4 kali lipat. Pemberian biochar jengkok-tembakau yang dikombinasikan dengan kompos dan pupuk kandang meningkatkan kandungan K tersedia menjadi 1,01 me 100 g⁻¹ dan 0,94 me 100g⁻¹. Pada Inceptisol yang didominasi dengan kandungan liat menyebabkan adanya fiksasi yang tinggi sehingga menyebabkan konsentrasi K di larutan menjadi berkurang. Ada keterikatan yang erat antara pH dan kejenuhan

basa pada tanah, dimana jika pH dan kejenuhan basa rendah maka kalium akan semakin hilang tercuci. Pada pH netral dan kejenuhan basa tinggi kalium akan diikat oleh Ca. Hasil penelitian Ibrahim et al. (2016) menyebutkan bahwa biochar dapat meningkatkan tingkat karbon tanah dan pH tetapi bervariasi dengan jenis tanah. Selain itu jika kapasitas tukar kation tinggi maka kemampuan tanah untuk menahan K semakin besar sehingga menurunkan potensi pencucian. Hasil penelitian Elangovan and Chandra Sekara (2014) menunjukkan bahwa penambahan biochar ke tanah liat dapat meningkatkan N, P dan K tersedia di tanah pasca panen kapas.

Tabel 48. Nilai Kandungan K Tersedia dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah

Perlakuan	K NH ₄ OAC1N pH:7 (me 100g ⁻¹)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	0.46 ^{ns}	0.56 a	0.26a
Biochar tongkol jagung (CT)	0.60 ^{ns}	0.70abc	0.74bcd
Biochar sekam padi (CS)	0.48 ^{ns}	0.69 abc	0.74bcd
Biochar jengkok-tembakau (CJ)	0.50 ^{ns}	0.52 a	0.73bcd
Kompos (Ks)	0.37 ^{ns}	1.02 d	0.76cd
Pupuk kandang (Pk)	0.48 ^{ns}	0.85bcd	0.84de
Biochar tongkol+kompos (CKs)	0.57 ^{ns}	0.65 ab	0.57b
Biochar tongkol+pukan (CT+Pk)	0.54 ^{ns}	0.70abc	0.59bc
Biochar sekam+kompos (CS+Ks)	0.40 ^{ns}	0.72abc	0.94ef
Biochar sekam+pukan (CS+Pk)	0.41 ^{ns}	0.75abc	0.83de
Biochar jengkok+kompos (CJ+Ks)	0.48 ^{ns}	0.95cd	1.01f
Biochar jengkok+pukan (CJ+Pk)	0.52 ^{ns}	0.90bcd	0.94ef

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Kandungan Na

Berdasarkan Tabel 49, terdapat pengaruh pemberian biochar dan pupuk organik pada jenis tanah entisol lithic subgrup dan tanah inceptisol dalam meningkatkan kandungan K tersedia dalam tanah secara signifikan.

Tabel 49. Nilai signifikan Na dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	1
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgrup	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0

Pada tanah entisol, kandungan Na tersedia berkisar antara 0,22 – 0,28 me/100g yang memiliki status sangat rendah. Pada tanah entisol lithic subgrup

kandungan Na tersedia berkisar antara 0,35 – 1,18 me/100g yang memiliki status sangat rendah – rendah. Sedangkan pada tanah inceptisol kandungan Na tersedia berkisar antara 0,97 – 1,62 me/100g memiliki status sangat rendah – rendah.

Berdasarkan Tabel 50, pada tanah entisol nilai Na tidak mengalami pengaruh signifikan terhadap pemberian biochar dan pupuk organik. Pada tanah entisol lithic nilai Na berkisar antara 0,35 – 1,18 me/100g. Perlakuan kontrol memiliki nilai Na terendah sebesar 0,35 me/100g. Pemberian biochar tongkol jagung tidak meningkatkan nilai Na sedangkan pemberian biochar sekam padi dan jengkok tembakau meningkatkan kandungan Na menjadi tiga kali lipatnya. Pemberian pupuk kompos dan pupuk kandang juga meningkatkan Na menjadi masing-masing sebesar 0,92 me/100g dan 1,11 me/100g. Sedangkan pemberian biochar tongkol jagung, biochar sekam padi serta jengkok tembakau yang dikombinasikan dengan kompos dan pupuk kandang dapat meningkatkan Na menjadi 3-3,5 kali lipatnya.

Pada tanah inceptisol nilai Na berkisar antara 0,97-1,62 me/100g cukup tinggi dibandingkan jenis tanah entisol dan entisol lithic subgrup (Tabel 50). Pemberian biochar dan pupuk organik nyata meningkatkan nilai Na tanah inceptisol. Pemberian biochar tongkol jagung, biochar sekam padi dan biochar jengkok tembakau secara tunggal tidak meningkatkan nilai Na, begitu pula dengan penambahan pupuk organik berupa kompos dan pupuk kandang. Pemberian biochar tongkol jagung dan pupuk kandang menghasilkan Na tertinggi yaitu sebesar 1,62 me/100g dan tidak berbeda dengan pemberian jengkok tembakau dan pupuk kandang.

Tabel 50. Kandungan Na dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenah Tanah

Perlakuan	Na NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	0.24 ^{TN}	0.35a	0.97a
Biochar tongkol jagung (CT)	0.25 ^{TN}	0.35a	1.23abc
Biochar sekam padi (CS)	0.24 ^{TN}	0.99bc	1.17ab
Biochar jengkok tembakau (CJ)	0.24 ^{TN}	0.92b	1.21ab
Kompos (Ks)	0.22 ^{TN}	0.92b	1.18ab
Pukan (Pk)	0.23 ^{TN}	1.11d	1.45bc
Biochar tongkol jagung-kompos (CKs)	0.26 ^{TN}	0.97b	1.17ab
Biochar tongkol jagung-pukan (CT+Pk)	0.27 ^{TN}	0.90b	1.62c
Biochar sekam padi-kompos (CS+Ks)	0.24 ^{TN}	1.09cd	1.26abc
Biochar sekam padi-pukan (CS+Pk)	0.25 ^{TN}	1.13d	1.22ab
Biochar jengkok tembakau-kompos (CJ+Ks)	0.26 ^{TN}	1.18d	1.25abc
Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ+Pk)	0.28 ^{TN}	1.17d	1.46bc

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Kandungan Ca

Kation Ca merupakan kation yang berada kompleks jerapan tanah yang nilainya mempengaruhi KTK dan kejenuhan basa (KB). Nilai signifikan kandungan Ca dengan pemberian biochar dan pupuk organik pada tanah entisol, entisol lithic subgrup dan inceptisol dapat dilihat pada Tabel 51. Tabel 51 menunjukkan pemberian biochar dan pupuk organik berpengaruh terhadap kandungan Ca pada jenis tanah entisol lithic subgrup dan inceptisol pada nilai signifikan $< \alpha (=0.05)$ sedangkan pada tanah entisol tidak berpengaruh.

Tabel 51. Nilai signifikan Kandungan Ca dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.754
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgrup	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0

Pada tanah entisol, kandungan Ca tersedia berkisar antara 6,79 – 11,29 me/100g yang memiliki status sangat rendah. Pada tanah entisol lithic subgrup kandungan Ca tersedia berkisar antara 12,92 – 26,64 me/100g yang memiliki status sangat rendah – rendah. Sedangkan pada tanah inceptisol kandungan Ca tersedia berkisar antara 10,38 – 23,46 me/100g memiliki status sangat rendah – rendah.

Pada tanah entisol lithic subgrup, kandungan Ca pada tanah berkisar antara 12,92-26,64 me/100g (kandungan Ca berada pada kondisi sangat rendah – rendah). Perlakuan kontrol memiliki kandungan Ca yang paling rendah yaitu sebesar 12,92 me/100g (Tabel 14). Pemberian biochar tongkol jagung, biochar sekam padi dan biochar jengkok tembakau tidak meningkatkan kandungan Ca, begitu pula dengan pemberian kompos. Sedangkan dengan pemberian pupuk kandang secara tunggal dapat meningkatkan kandungan Ca menjadi 20,90 me/100g. Pemberian biochar tongkol jagung dan kompos atau pupuk kandang juga memberikan efek yang sama yaitu tidak meningkatkan kandungan Ca. Sedangkan pada biochar sekam padi dan pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan Ca hampir 2 kali lipatannya. Hal ini juga sama pada biochar jengkok tembakau dan pupuk kandang yang dapat meningkatkan kandungan Ca menjadi 2 kali lipat dibandingkan kontrol.

Pada tanah inceptisol, kandungan Ca berkisar antara 10,38 – 23,46 me/100g (kandungan Ca berada pada kondisi sangat rendah – rendah). Perlakuan kontrol memiliki kandungan Ca paling rendah yaitu sebesar 10,38 me/100g (Tabel 14). Pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik (kompos atau pupuk kandang) signifikan meningkatkan kandungan Ca yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan biochar tongkol jagung, biochar

sekam padi dan biochar jengkok tembakau secara tunggal dapat meningkatkan kandungan Ca hampir 2 kali lipat dibandingkan dengan kontrol. Pemberian biochar sekam padi yang dikombinasikan dengan pupuk kandang menghasilkan kandungan Ca yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain sebesar 23,46 me/100g dan tidak berbeda dengan pemberian biochar jengkok tembakau yang dikombinasikan dengan kompos.

Tabel 52. Kandungan Ca dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenah Tanah

Perlakuan	Ca NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	7.42 ^{TN}	12.92 a	10.38 a
Biochar tongkol jagung (CT)	8.97 ^{TN}	16.91 ab	19.16 c
Biochar sekam padi (CS)	8.83 ^{TN}	19.45 abc	18.20 c
Biochar jengkok tembakau (CJ)	8.30 ^{TN}	16.82 ab	18.51 c
Kompos (Ks)	6.79 ^{TN}	18.90 abc	17.73 c
Pukan (Pk)	8.35 ^{TN}	20.90 bcd	17.53 c
Biochar tongkol jagung-kompos (CKs)	9.58 ^{TN}	15.83 ab	18.47 c
Biochar tongkol jagung-pukan (CT+Pk)	9.08 ^{TN}	15.61 ab	12.87 b
Biochar sekam padi-kompos (CS+Ks)	8.60 ^{TN}	20.00 abcd	18.03 c
Biochar sekam padi-pukan (CS+Pk)	9.18 ^{TN}	24.70 cd	23.46 d
Biochar jengkok tembakau-kompos (CJ+Ks)	11.29 ^{TN}	17.44 ab	22.70 d
Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ+Pk)	8.14 ^{TN}	26.64 d	19.02 c

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Kandungan Mg

Sama seperti Ca, kation Mg juga merupakan kation yang berada dalam jerapan tanah dan akan mempengaruhi KTK dan kejenuhan basa. Nilai signifikan kandungan Mg dengan pemberian biochar dan pupuk organik pada tanah entisol, entisol lithic subgrup dan inceptisol dapat dilihat pada Tabel 52. Tabel 52 menunjukkan pemberian biochar dan pupuk organik berpengaruh terhadap kandungan Mg pada jenis tanah entisol dan inceptisol pada nilai signifikan $< \alpha (=0.05)$ sedangkan pada tanah entisol lithic subgrup tidak berpengaruh.

Tabel 53. Nilai signifikan Kandungan Mg dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgrup	0.165
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0

Pada tanah entisol, kandungan Mg tersedia berkisar antara 0,25 – 2,65 me/100g yang memiliki status sangat rendah. Pada tanah entisol lithic subgrup kandungan Mg tersedia berkisar antara 0,72 – 1,61 me/100g yang memiliki status sangat rendah. Sedangkan pada tanah inceptisol kandungan Mg tersedia berkisar antara 0,64 – 3,67 me/100g memiliki status sangat rendah – rendah.

Kandungan Mg pada tanah entisol berkisar antara 0,25-1,86 me/100g (kandungan Mg tanah entisol sangat rendah), pada tanah entisol subgroup berkisar antara 0,41-1,72 me/100g (kandungan Mg tanah entisol lithic subgroup sangat rendah), sedangkan pada tanah entisol berkisar antara 0,64-3,67 me/100g (kandungan Mg tanah inceptisol sangat rendah – rendah) (Tabel 16). Pada tanah entisol, pemberian biochar baik tongkol jagung, sekam padi maupun jengkok tembakau meningkatkan kandungan Mg dalam tanah 3 sampai 4 kali lipat dibandingkan kontrol. Begitu pula dengan pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan Mg hampir 3 kali lipat. Sedangkan pemberian kompos dapat meningkatkan kandungan Mg menjadi 6 kali lipat dibandingkan dengan kontrol. Pemberian biochar yang dikombinasikan dengan pupuk organik baik kompos dan pupuk kandang tidak berbeda dibandingkan dengan kontrol walaupun terjadi peningkatan dibandingkan dengan kontrol. Namun pada pemberian biochar sekam padi yang dikombinasikan dengan kompos dapat meningkatkan kandungan Mg sampai 2,65 me/100g (hampir 8 kali lipatnya).

Pada tanah inceptisol, perlakuan kontrol memiliki kandungan Mg yang paling rendah dan tidak berbeda dengan perlakuan biochar jengkok tembakau-pupuk kandang. Pada biochar tongkol jagung, aplikasi yang menghasilkan kandungan Mg lebih tinggi terdapat pada perlakuan kombinasi dengan pupuk kandang dibandingkan dengan perlakuan biochar tunggal maupun kombinasi dengan kompos. Pada biochar sekam padi, perlakuan dengan kombinasi kompos memiliki kandungan Mg lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan biochar saja atau kombinasi dengan pupuk kandang. Sedangkan pada biochar, antara perlakuan tunggal maupun kombinasi tidak berbeda secara signifikan (Tabel 53).

Tabel 54. Kandungan Mg dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah

Perlakuan	Mg NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	0.38ab	1.20 ^{TN}	0.96ab
Biochar tongkol jagung (CT)	1.24abc	1.40 ^{TN}	1.15abc
Biochar sekam padi (CS)	1.06ab	0.83 ^{TN}	1.79c
Biochar jengkok tembakau (CJ)	1.34abc	0.81 ^{TN}	1.60bc
Kompos (Ks)	1.86bc	1.72 ^{TN}	1.49bc
Pukan (Pk)	0.91ab	1.35 ^{TN}	2.57d
Biochar tongkol jagung-kompos (CKs)	1.09ab	0.86 ^{TN}	0.98ab
Biochar tongkol jagung-pukan (CT+Pk)	0.25 a	0.72 ^{TN}	4.53f
Biochar sekam padi-kompos (CS+Ks)	2.65c	0.72 ^{TN}	3.67e
Biochar sekam padi-pukan (CS+Pk)	0.86ab	1.22 ^{TN}	1.71c
Biochar jengkok tembakau-kompos (CJ+Ks)	0.32ab	1.61 ^{TN}	1.25abc
Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ+Pk)	1.02ab	0.41 ^{TN}	0.64a

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Keasaman Tanah

Nilai signifikan perlakuan biochar dan pupuk organik pada beberapa jenis tanah disajikan pada Tabel 54. Pada Tabel 54 menunjukkan bahwa hanya perlakuan biochar – pupuk organik dalam tanah inceptisol berpengaruh terhadap pH tanah pada nilai signifikan $< \alpha$ ($=0.05$) sedangkan perlakuan yang lainnya tidak berpengaruh.

Tabel 55. Nilai signifikan pH pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.058
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgrup	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.02

Terdapat pengaruh antara jenis pembenah tanah terhadap pH tanah entisol lithic subgrup dan inceptisol (Tabel 55). Sedangkan perlakuan semua jenis pembenah tanah tidak berpengaruh terhadap pH tanah entisol.

Perlakuan berbagai jenis pembenah tanah memberi pengaruh yang berbeda pada pH tanah baik pada tanah entisol, entisol lithic subgrup dan inceptisol. Pada tanah entisol yang tidak memiliki pengaruh yang signifikan, nilai pHnya termasuk pada pH yang relatif netral karena berkisar antara 6,27 – 6,50. Peningkatan pH ini dapat terjadi apabila bahan organik yang ditambahkan pada tanah telah terdekomposisi lanjut (matang) karena bahan organik yang telah termineralisasi akan melepaskan mineral berupa kation-kation basa.

Tabel 56. Nilai pH Tanah Entisol, Ektisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenah Tanah

Perlakuan	pH 1:1 H ₂ O		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	6.40 ^{TN}	7.07a	7.10ab
Biochar tongkol jagung (CT)	6.50 ^{TN}	7.33b	7.17ab
Biochar sekam padi (CS)	6.47 ^{TN}	7.77e	7.17ab
Biochar jengkok tembakau (CJ)	6.37 ^{TN}	7.63d	7.03ab
Kompos (Ks)	6.27 ^{TN}	7.50c	7.13ab
Pukan (Pk)	6.27 ^{TN}	7.40bc	6.97a
Biochar tongkol jagung-kompos (CKs)	6.47 ^{TN}	7.43bc	7.20ab
Biochar tongkol jagung-pukan (CT+Pk)	6.37 ^{TN}	7.43bc	7.27b
Biochar sekam padi-kompos (CS+Ks)	6.37 ^{TN}	7.40bc	7.10ab
Biochar sekam padi-pukan (CS+Pk)	6.43 ^{TN}	7.47bc	7.13ab
Biochar jengkok tembakau-kompos (CJ+Ks)	6.30 ^{TN}	7.43bc	7.13ab
Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ+Pk)	6.37 ^{TN}	7.50c	7.00a

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Pada tanah entisol lithic subgrup, pH perlakuan kontrol cenderung lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya yaitu sebesar 7,07. Perlakuan biochar sekam padi memiliki pH yang paling tinggi yaitu sebesar 7,77 diikuti dengan biochar biochar jengkok tembakau, kompos, biochar jengkok tembakau-pukan dan perlakuan yang lainnya. Biochar sekam padi memiliki pH paling tinggi yaitu sebesar 7,77 namun setelah ada tambahan kompos maupun pukan dapat menurunkan pH menjadi masing-masing sebesar 7,40 dan 7,47. Sedangkan pada biochar jengkok tembakau nilai pH sebesar 7,63 dan setelah ada tambahan kompos maupun pupuk kandang maka nilai pH menurun menjadi masing-masing 7,43 dan 7,50. Hal ini berkebalikan dengan biochar tongkol jagung dengan pH 7,33 dengan adanya tambahan kompos maupun pupuk kandang menjadi meningkat pHnya menjadi masing-masing sebesar 7,43 dan 7,43. Menurut Solaiman dan Anwar (2015) tingkat alkalinitas dalam biochar merupakan salah satu faktor biochar berkontribusi terhadap potensinya sebagai kapur. Hasil-hasil penelitian pada tanah masam telah membuktikan bahwa pH tanah meningkat saat biochar ditambahkan ke tanah karena muatan negatif yang terbentuk di permukaan biochar. Peningkatan pH tanah dapat terjadi apabila bahan organik yang ditambahkan pada tanah telah terdekomposisi lanjut (matang), karena bahan organik yang termineralisasi akan melepaskan mineral berupa kation-kation basa. Muatan negatif ini berperan sebagai penyangga keasaman tanah dan menyebabkan lonjakan pH. Nilai pH tanah berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Nilai pH yang netral merupakan pH yang diharapkan pada semua jenis tanah.

Pada tanah inceptisol, pH perlakuan kontrol hampir sama dengan perlakuan penambahan bahan pembenah yang lainnya. Perlakuan biochar jengkok tembakau-pukan memiliki nilai pH paling rendah yaitu sebesar 7 dan masih tergolong pH netral sedangkan perlakuan biochar tongkol jagung-pukan memiliki nilai pH yang paling tinggi yaitu sebesar 7,27. Kenaikan pH pada tanah inceptisol ini cenderung lebih rendah (sebesar 0,27) dibandingkan pada tanah entisol lithic subgrup (sebesar 0,70). Pemberian biochar pada tanah yang memiliki pH netral maka pH yang dihasilkan masih cenderung netral mendekati alkali seperti pada tanah inceptisol. Sedangkan pada tanah entisol yang memiliki pH netral maka pH yang dihasilkan adalah pH netral mendekati alkali. Hal ini sesuai dengan penelitian Jamilah dan Safridar (2012) menyatakan bahwa aplikasi biochar pada tanah mampu meningkatkan pH hingga 1 unit pH. Pemberian biochar berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas tanaman (Backwell *et al.* 2010; Jones *et al.* 2012; Haefele *et al.* 2011), khususnya pada tanah masam (Jeffery *et al.* 2011; Atkinson *et al.* 2010, Spokas *et al.* 2012), namun tidak berpengaruh nyata pada tanah dengan pH netral di Mid-West USA (Gaskin *et al.* 2010).

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

KTK menunjukkan banyaknya kation-kation yang dapat dijerap oleh tanah per satuan berat (Hardjowigeno, 2003). Semakin banyak jerapan kation yang

dilakukan oleh tanah akan semakin baik untuk pertumbuhan tanaman. Pemberian biochar dan pupuk organik merubah status KTK menjadi signifikan pada jenis tanah entisol lithic subgrup dan tanah inceptisol sedangkan tidak signifikan pada tanah entisol (Tabel 56). Tanah inceptisol yang memiliki tekstur liat akan memiliki KTK lebih tinggi sehingga memiliki nilai kejenuhan basa yang tinggi sehingga reaksi di dalam tanahnya akan lebih baik. Sedangkan pada tanah entisol yang memiliki tekstur pasir maka KTK yang dimiliki lebih rendah sehingga pemberian biochar tidak berdampak banyak terhadap peningkatan KTK. Peningkatan KTK tanah dengan penambahan biochar akan meminimalkan resiko pencucian kation seperti K^+ dan NH_4^+ (Yamato et al., 2006; Novak et al., 2009a). Tabel 57. Nilai signifikan KTK dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.586
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgrup	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0

Pada tanah entisol, kadar KTK berkisar antara 12,97 – 17,79 me/100g yang memiliki status sangat rendah. Pada tanah entisol lithic subgrup kadar KTK berkisar antara 17,05 – 30,43 me/100g yang memiliki status sangat rendah. Sedangkan pada tanah inceptisol kadar KTK berkisar antara 15,07 – 29,25 me/100g memiliki status sangat rendah.

Berdasarkan Tabel 57, nilai KTK pada tanah entisol berkisar antara 12,97-17,79 me/100g, entisol lithic subgrup berkisar antara 17,05-30,43 me/100g, sedangkan pada tanah inceptisol nilai KTKnya berkisar antara 15,07-29,25 me/100g. Ketiga jenis tanah ini memiliki kandungan KTK sangat rendah karena < 60,00 me/100g. Pada tanah entisol, pemberian biochar atau pupuk organik secara tunggal tidak dapat meningkatkan KTK tanah. Pada tanah entisol lithic subgrup pemberian biochar atau pupuk organik baik secara tunggal maupun secara kombinasi dapat meningkatkan KTK tanah. Pemberian biochar tongkol jagung, biochar sekam padi maupun jengkok tembakau tidak dapat meningkatkan KTK, begitu pula dengan pemberian kompos secara tunggal. Namun pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan KTK yang lebih baik dengan meningkatkan KTK menjadi sebesar 25,20 me/100g. Begitu juga pemberian biochar tongkol jagung, sekam padi maupun jengkok tembakau yang dikombinasikan dengan kompos tidak dapat meningkatkan KTK tanah (karena tidak berbeda dengan perlakuan kontrol). Sedangkan perlakuan biochar sekam padi dan biochar jengkok tembakau yang dikombinasikan dengan pupuk kandang dapat meningkatkan KTK lebih baik masing-masing sebesar 28,24 me/100g dan 30,43 me/100g. Menurut Atkinson *et al.* (2010) menekankan bahwa manfaat yang besar dari penambahan biochar adalah terhadap peningkatan kemampuan retensi air tanah pada tanah berpasir. Pada tanah inceptisol, perlakuan kontrol memiliki kandungan KTK paling rendah

yaitu sebesar 15,07 me/100g (Tabel 57). Pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik dapat meningkatkan kandungan KTK lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Pada pemberian biochar tongkol jagung kandungan KTK lebih baik ketika diaplikasikan secara tunggal daripada dikombinasikan dengan pupuk organik baik kompos maupun pupuk kandang. Pada biochar sekam padi, pemberian kombinasi dengan pupuk kandang (29,25 me/100g) menghasilkan kandungan KTK paling tinggi dibandingkan dengan pemberian biochar secara tunggal (25,05 me/100g) maupun kombinasi dengan kompos (26,31 me/100g). Pemberian pupuk kandang secara tunggal pada penelitian ini juga dapat meningkatkan KTK tanah dari 15,07 me/100g menjadi sebesar 24,76 me/100g. Hal ini juga sama seperti penelitian Wibowo et al., (2016) pemberian pupuk kandang sapi 10 ton ha⁻¹ pada 10 MSI meningkatkan KTK tanah dari 18,02 cmol kg⁻¹ menjadi 23,10 cmol kg⁻¹. Kapasitas tukar kation yang besar pada pupuk kandang juga berpengaruh tidak langsung terhadap tingkat pencucian nitrogen. Menurut Supriyadi (2007) ion K⁺ dapat berikatan dengan NO₃⁻ membentuk senyawa kalium nitrat sehingga dapat menurunkan tingkat pencucian nitrogen. Sedangkan pada biochar jengkok tembakau, aplikasi yang dikombinasikan dengan kompos memiliki KTK yang lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi biochar secara tunggal maupun yang dikombinasikan dengan pupuk kandang. Pada tanah inceptisol, perlakuan pupuk organik yang dikombinasikan dengan biochar memiliki KTK yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tunggal biochar saja maupun pupuk organik saja.

Tabel 58. Nilai KTK dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenah Tanah

Perlakuan	KTK NH ₄ OAC1N pH:7 (me/100g)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	13.05 ^{TN}	17.05a	15.07a
Biochar tongkol jagung (CT)	15.33 ^{TN}	20.79ab	24.68cd
Biochar sekam padi (CS)	14.90 ^{TN}	22.36abc	25.05cd
Biochar jengkok tembakau (CJ)	14.46 ^{TN}	19.34ab	24.87cd
Kompos (Ks)	12.97 ^{TN}	23.05abc	23.21bc
Pukan (Pk)	14.28 ^{TN}	25.20bcd	24.76cd
Biochar tongkol jagung-kompos (CKs)	17.79 ^{TN}	19.25ab	23.11bc
Biochar tongkol jagung-pukan (CT+Pk)	15.13 ^{TN}	18.32ab	21.97b
Biochar sekam padi-kompos (CS+Ks)	16.27 ^{TN}	23.18abc	26.31d
Biochar sekam padi-pukan (CS+Pk)	15.46 ^{TN}	28.24cd	29.25e
Biochar jengkok tembakau-kompos (CJ+Ks)	15.38 ^{TN}	21.49abc	28.90e
Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ+Pk)	14.44 ^{TN}	30.43d	24.42cd

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Kejenuhan Basa (KB)

Nilai kejenuhan basa (KB) adalah persentase dari total kapasitas tukar kation (KTK) yang ditempati oleh kation-kation basa seperti kalium, kalsium,

magnesium dan natrium. Nilai KB berhubungan dengan pH dan tingkat kesuburan tanah. Kemasaman akan menurun dan kesuburan akan meningkat dengan meningkatnya kejenuhan basa. Perlakuan biochar dan pupuk organik memberikan pengaruh signifikan pada tanah entisol sedangkan tidak berpengaruh signifikan pada jenis tanah entisol lithic subgrup dan tanah inceptisol (Tabel 58).

Tabel 59. Nilai signifikan Kejenuhan Basa dalam Tanah pada Perlakuan Biochar dan Pupuk Organik Beberapa Jenis Tanah

Sumber Keragaman	Sig.
Jenis Tanah	0
Biochar-Pupuk Organik dalam Jenis Tanah	0.05
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol	0.01
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Entisol Lithic Subgrup	0.214
Biochar-Pupuk Organik dalam Tanah Inceptisol	0.507

Pada tanah entisol, kejenuhan basa berkisar antara 65 – 80% yang memiliki status tinggi – sangat tinggi. Pada tanah entisol lithic subgrup kejenuhan basa berkisar antara 88 – 99 % yang memiliki status sangat tinggi. Sedangkan pada tanah inceptisol kejenuhan basa berkisar antara 83 – 92 % memiliki status sangat tinggi.

Pada tanah entisol, nilai kejenuhan basa berkisar antara 65-80%, pada tanah entisol lithic subgrup nilai kejenuhan basa berkisar antara 88-99% sedangkan pada tanah inceptisol kejenuhan basa berkisar antara 83-93% (Tabel 59). Kejenuhan basa tanah berkisar 50-80% tergolong mempunyai kesuburan sedang dan dikatakan tidak subur jika kurang dari 50% (Tan, 1991). Kejenuhan basa sangat penting penggunaannya untuk pertimbangan pemupukan dan memprediksi kemudahan unsur hara tersedia bagi tanaman. Kejenuhan basa menunjukkan perbandingan antara jumlah kation-kation basa dengan jumlah semua kation yang terdapat dalam kompleks jerapan tanah. Pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik memberikan peningkatan kejenuhan basa pada tanah entisol, namun tidak berbeda dengan kontrol kecuali pada perlakuan biochar jengkok tembakau dan kompos yang menghasilkan nilai kejenuhan basa paling tinggi yaitu sebesar 80%. Sesuai dengan pendapat Lehmann and Joseph (2009), perlakuan biochar mampu meningkatkan kapasitas menahan air, KTK, maupun menyediakan unsur hara dalam memperbaiki serapan hara oleh tanaman.

Tabel 60. Nilai Kejenuhan Basa dalam Tanah Entisol, Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol pada Berbagai Jenis Pembenh Tanah

Perlakuan	KB (%)		
	Entisol	Entisol Lithic Subgrup	Inceptisol
Kontrol	65a	88 ^{TN}	83 ^{TN}
Biochar tongkol jagung (CT)	72ab	93 ^{TN}	90 ^{TN}
Biochar sekam padi (CS)	72ab	98 ^{TN}	87 ^{TN}
Biochar jengkok tembakau (CJ)	72ab	99 ^{TN}	89 ^{TN}
Kompos (Ks)	71ab	98 ^{TN}	91 ^{TN}
Pukan (Pk)	70ab	96 ^{TN}	91 ^{TN}
Biochar tongkol jagung-kompos (CKs)	65a	95 ^{TN}	92 ^{TN}
Biochar tongkol jagung-pukan (CT+Pk)	67a	98 ^{TN}	89 ^{TN}
Biochar sekam padi-kompos (CS+Ks)	74ab	97 ^{TN}	91 ^{TN}
Biochar sekam padi-pukan (CS+Pk)	69ab	98 ^{TN}	93 ^{TN}
Biochar jengkok tembakau-kompos (CJ+Ks)	80b	99 ^{TN}	91 ^{TN}
Biochar jengkok tembakau-pukan (CJ+Pk)	69ab	96 ^{TN}	90 ^{TN}

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

5.1.4. SIFAT FISIK TANAH SETELAH DUA TAHUN MUSIM TANAM JAGUNG PADA TIGA JENIS TANAH

Potensi kesuburan tanah dapat ditentukan melalui sifat fisik tanah, terutama tekstur tanah karena dapat mempengaruhi kapasitas menahan air, pergerakan dan ketersediaan air dalam tanah. Gwenzi et al. (2015) mengatakan biochar berpotensi meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman melalui unsur hara ditingkatkan, ketersediaan air tanah, perbaikan tanah asam dan stimulasi keragaman dan aktivitas mikroba. Tiga jenis tanah pada penelitian ini dari Entisol (pasir berlempung), Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol (liat). Meskipun dua jenis tanah memiliki tekstur yang sama (liat) tetapi setiap jenis pembenh tanah memberi pengaruh yang berbeda terhadap peningkatan kadar pasir. Kadar pasir meningkat sebesar 68% dari 12,2% menjadi 20,5% (biochar tongkol) akan tetapi perlakuan lainnya menunjukkan pengaruh yang relatif sama dengan kenaikan rata-rata 15,4% (Entisol Lithic Subgrup). Berbeda dengan Inceptisol, terjadi peningkatan kadar pasir sebesar 83,7% dari 9,2% (kontrol) menjadi 16,9% (biochar tongkol, pupuk kandang dicampur biochar sekam ataupun biochar jengkok). Penggunaan secara bersama biochar sekam ataupun biochar jengkok dengan pupuk kandang memberi kontribusi lebih baik terhadap peningkatan kadar pasir daripada penggunaan secara tunggal, kecuali biochar tongkol jagung (Tabel 62). Sejalan pula dengan hasil penelitian Zhang et al. (2018), jerami padi dicampur dengan biochar menjadi kunci untuk memulihkan tanah terdegradasi, daripada aplikasi secara individual. Demikian pula penggabungan biochar dan kompos ke tanah untuk tujuan perbaikan juga menyediakan perbaikan kesuburan

tanah (termasuk penyediaan nutrisi, meningkatkan KTK, struktur tanah ditingkatkan dan retensi air, dan pengendalian pH). Selain itu, kompos lebih meningkatkan efektivitas biochar ketika diterapkan bersama-sama. Efek pemberian kompos telah terbukti untuk meningkatkan karakteristik tanah, termasuk struktur tanah dan retensi air, yang dapat menyebabkan hasil perbaikan (Ohsowski et al., 2012; Evanylo et al., 2008; Hargreaves et al., 2008; Aggelides dan Londra, 2000). Berbeda pada Entisol setelah diberi pupuk kandang, kadar pasir menurun 12,9% dari 80,6% (kontrol) menjadi 71,4%. Penggunaan ketiga jenis biochar maupun kompos yang diberikan secara tunggal ataupun dicampur menunjukkan penurunan kadar pasir yang relatif sama, rata-rata 5,2% dari 80,6% menjadi 76,4%.

Persen debu dari tanah yang diberi pembenah tanah berbagai jenis cenderung sama dengan perlakuan kontrol pada Entisol Lithic Subgrup (kecuali biochar jengkok+pupuk kandang) maupun Entisol (kecuali biochar tongkol jagung). Namun pada Inceptisol, peningkatan persen debu sangat menonjol pada biochar jengkok maupun biochar tongkol+kompos, selanjutnya diikuti perlakuan pupuk organik. Berbeda lagi pada Entisol, persen debu meningkat dari perlakuan biochar tongkol kemudian diikuti pupuk kandang. Sedangkan perlakuan lainnya relatif sama dengan kontrol.

Persen liat menurun 11,8% dari 75,4% (kontrol) menjadi rerata 66,5% (berbagai jenis bahan pembenah tanah) pada Entisol Lithic Subgrup. Penurunan persen liat juga terjadi pada Inceptisol sebesar 9,1% dari 65,9 % (kontrol) menjadi 59,9% (berbagai jenis bahan pembenah tanah). Tidak demikian yang terjadi pada Entisol, pemberian jenis pembenah tanah berpengaruh tidak nyata. Jenis tanah yang mengandung kadar liat yang tinggi (Tabel 63) akan mempunyai persentase pori mikro yang tinggi (Tabel 64). Entisol bertekstur pasir berlempung (Tabel 62), sehingga daya menahan airnya rendah dan kadar bahan organik rendah (Tabel 61). Berbeda dengan Inceptisol dan Entisol Lithic Subgrup yang bertekstur liat. Tekstur dan ruang pori tanah akan mempengaruhi tanah menahan air. Jenis bahan pembenah tanah mempengaruhi komposisi fraksi penyusun tanah (pasir, debu, liat) pada setiap jenis tanah sehingga berdampak pada perubahan sifat fisik. Pasir didominasi fraksi kasar dengan ruang antar partikel menyebabkan drainase cepat, memegang air dan unsur hara lebih sedikit, dan peka kekeringan. Debu menahan lebih banyak air tetapi drainase lambat. Dibanding liat yang mempunyai ruang pori sangat kecil dan saling terhubung, pergerakan air sangat lambat, tetapi berkemampuan tinggi dalam menyerap air meskipun tidak semua air tersedia bagi tanaman.

Pravin et al. (2013) menunjukkan kadar bahan organik tanah menentukan tinggi-rendahnya bobot isi tanah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik tanah dapat menurunkan bobot isi tanah dan

meningkatkan bobot partikel tanah (Entisol Lithic Subgub dan Inceptisol), namun hal tersebut tidak terjadi pada Entisol. Aplikasi biochar menurunkan kepadatan isi tanah 1,4-1,1 Mg m⁻³ pada tanah yang sangat lapuk di Asia dengan kesuburan tanah yang rendah dan potensi erosi tanah tinggi (Jien and Sheng, 2013). Hasil penelitian ini sejalan dengan Ma et al. (2016), nilai-nilai bulk density tanah jauh lebih rendah pada kedua plot yang diperlakukan amandemen organik daripada plot tanpa diamandemen dan diberi pupuk NPK. Dibandingkan dengan NPK, NPK+biochar lebih efektif meningkatkan karbon organik tanah. Melo *et al.* (2013) melaporkan aplikasi *biochar* untuk memperbaiki berat isi tanah.

Porositas tanah meningkat dengan jenis bahan pembenah tanah. Peningkatan porositas tanah mengakibatkan tiga kali lipat peningkatan luas permukaan yang menyebabkan peningkatan kapasitas memegang air dari biochar (Purakayastha *et al.*, 2013). Jenis bahan pembenah tanah memberi kontribusi yang sama terhadap kenaikan porositas tanah Entisol. Jenis biochar maupun jenis pupuk organik juga memberi kontribusi yang sama terhadap porositas tanah Inceptisol. Penggunaan berbagai jenis biochar maupun pupuk organik secara tunggal lebih baik daripada pemberian secara campuran pada Inceptisol. Namun tidak demikian halnya yang terjadi pada Entisol Lithic Subgub, penggunaan secara tunggal maupun campuran menunjukkan hasil yang sama. Porositas meningkat dari biochar sehingga meningkatkan retensi air dalam tanah, dan peningkatan tergantung pada bahan baku biochar, jenis tanah, dan tingkat campuran.

Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ) untuk menentukan air yang masuk ke dalam tanah. Libutti et al. (2016) mengatakan bahwa pengaruh biochar pada pembentukan macro agregat lebih mendalam di tanah lempung berpasir daripada di tanah lempung berdebu. Dibandingkan dengan kontrol, selain biochar secara signifikan meningkatkan pembentukan macro agregat dan sedikit meningkatkan konduktivitas hidrolik jenuh dari tanah. Disebabkan oleh perubahan struktur tanah, kadar air jenuh meningkat dan kadar air sisa menurun dengan amandemen biochar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan jenis pembenah tanah memberi kontribusi yang berbeda pada tanah liat, yakni meningkat (Entisol Lithic Subgub) dan sama (Inceptisol) dibanding kontrol. Jenis biochar maupun pupuk organik memberi kontribusi yang sama terhadap peningkatan KHJ (8,4 – 13,2 cm jam⁻¹) pada Entisol Lithic Subgub. Penggunaan biochar yang dicampur pupuk kandang (14,2 - 23 cm jam⁻¹) lebih tinggi daripada dicampur dengan kompos (9,5 – 18,8 cm jam⁻¹) pada Entisol Lithic Subgub. Setiap jenis pembenah tanah memberi pengaruh yang relatif sama terhadap penurunan KHJ (10,5 – 21,3 cm jam⁻¹) pada Entisol. Menurut Are et al. (2017), KHJ dari aplikasi biochar unggas (9,2 mm / hr) menunjukkan pengaruh yang nyata lebih rendah ($p < 0,05$) dibandingkan amandemen organik lainnya (16,5 - 18,2 mm / hr). Peningkatan

agregat stabil dari perlakuan veticompost adalah 3,4 - 26,7% lebih besar daripada perlakuan lainnya. Perbandingan indeks kualitas fisik tanah terdegradasi ditunjukkan dengan efek positif dari perubahan pada sifat fisik tanah dalam urutan: kontrol belum diamandemen < biochar unggas < teh unggas (non-kompos kotoran ayam) < non kompos-kotoran unggas < veticompost (kompos kotoran unggas & vetiver rumput plum). Kompos, pupuk dan biochar non-kompos menghasilkan pertumbuhan jagung yang lebih baik dan menghasilkan hasil yang signifikan lebih tinggi (1,48 - 1,73 t / ha) dibandingkan dengan perlakuan kontrol (0,87 t / ha). Hasil ini menunjukkan bahwa pupuk kompos dan non-kompos mungkin lebih berharga daripada biochar untuk meningkatkan kualitas fisik tanah terdegradasi

Persentase pori makro diperoleh dari selisih kadar air antara pF 0 dan pF 2,5 dan dikalikan dengan 100. Pori makro (drainase cepat) meningkat pada tanah liat dan menurun pada tanah pasir berlempung dengan pemberian jenis bahan pembenah tanah. Secara umum penerapan jenis pembenah tanah relatif sama terhadap kenaikan pori makro pada Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol, kecuali biochar jengkok maupun tongkol. Demikian pula pengaruh yang sama terhadap penurunan pori makro dengan aplikasi jenis bahan pembenah pada Entisol (Tabel 64). Hal ini akan berdampak pada peningkatan kemampuan tanah memegang air pada Entisol dan aerasi tanah pada Entisol Lithic Subgrup dan Inceptisol. Aerasi tanah mencerminkan keadaan oksigen dalam tanah yang bermanfaat untuk pernafasan akar tanaman. Aerasi tanah sangat tergantung pada air tanah, tekstur tanah, dan porositas tanah. Tekstur tanah dengan kadar liat lebih tinggi akan lebih rendah kenaikan porositas tanahnya. Kadar liat Entisol Lithic Subgub > Inceptisol > Entisol (Tabel 65). Porositas tanah liat meningkat 37,9% dari 43,8% (kontrol) menjadi 60,4% (biochar tongkol jagung dan sekam padi) pada Entisol Lithic Subgub sedangkan perlakuan lainnya meningkat relatif sama sebesar 26,3%. Demikian pula peningkatan porositas tanah Inceptisol sebesar 48,6%, dari 41,2% (kontrol) menjadi rata-rata 61,2% (ketiga jenis biochar dan kedua jenis pupuk organik) sedangkan perlakuan lainnya dengan kenaikan rata-rata 36,7%. Kenaikan porositas tanah Entisol sebesar 17,9%, dari 45,1% (kontrol) menjadi rerata 53,2% (berbagai jenis pembenah tanah). Purakayastha et al. (2013) melaporkan kapasitas air dari biochar gandum tertinggi (561%) diikuti oleh biochar jagung (456%).

Persentase pori mikro dihasilkan dari kadar air pada pF 4,2 dikalikan dengan 100. Pori mikro (drainase lambat) sebagai penentu kemampuan tanah memegang air. Penelitian Hseu et al. (2014) menunjukkan bahwa aplikasi biochar mengurangi Bd sebesar 12% menjadi 25% dan PR dengan 57% sampai 92% setelah inkubasi, dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, porositas dan ukuran agregat meningkat sebesar 16% menjadi 22% dan sebesar 0,59 untuk 0,94mm, masing-masing. Air yang tersedia meningkat secara signifikan di tanah yang

diperlakukan biochar, sebesar 18% sampai 89% karena peningkatan pori mikro. Konduktivitas air tanah hanya ditemukan 10% (perlakuan biochar), yang timbul dari peningkatan yang signifikan dari pori makro dan pengurangan kekuatan tanah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap jenis pembenah tanah bervariasi terhadap perubahan persentase pori mikro. Setiap jenis pembenah tanah menurunkan pori mikro (Entisol Lithic Subgrup), meningkatkan pori mikro (Inceptisol), dan relatif sama (Entisol). Meskipun tekstur sama tetapi memiliki dampak yang berbeda terhadap naik-turunnya pori mikro. Penerapan biochar sekam+pupuk kandang lebih menguntungkan daripada biochar sekam+kompos pada Entisol Lithic Subgrup. Lain halnya dengan Inceptisol, biochar tongkol lebih unggul untuk meningkatkan pori mikro. Berbeda pada Entisol, semua jenis pembenah tanah memberikan kontribusi yang sama seperti kontrol kecuali biochar tongkol.

Persentase pori meso diperoleh dari selisih kadar air volume antara pF 2,5 dan pF 4,2. Pada kondisi ini, air yang ditahan tanah pada kondisi kapasitas lapangan (pF 2,5) hingga titik layu permanen (pF 4,2) dinamakan dengan air tersedia (kondisi air yang dapat diserap langsung oleh tanaman). Menurut Karhu et al. (2011), Kapasitas menahan air akan memiliki efek yang sangat penting bagi lahan yang rawan kekeringan. Dibanding kontrol, pori meso meningkat dengan aplikasi jenis pembenah tanah pada Entisol Lithic Subgrup. Jenis pembenah tanah menghasilkan peningkatan kadar air tanah (Tabel 63). Peningkatan air tersedia akan menguntungkan bagi tanaman. Aplikasi berbagai jenis pembenah tanah meningkatkan air tersedia sebesar 164% dari 7,5% (kontrol) menjadi rata-rata 19,8% (pembenah tanah). Peningkatan kadar air tersedia terbesar dari pemberian biochar sekam+pupuk kandang pada Entisol Lithic Subgrup, sebesar 276%. Pemberian kompos akan meningkatkan air tersedia sebesar 45,7% dari 12,9% (kontrol) menjadi 18,8% pada Inceptisol. Sebaliknya pada Inceptisol dan Entisol, pori meso akan naik atau turun sangat dipengaruhi oleh pemberian jenis pembenah tanah. Pemberian biochar tongkol dan sekam meningkatkan kadar air tersedia terbanyak pada Entisol, rata-rata sebesar 199,2%. Menurut Ma et al. (2016), hasil regresi linear menunjukkan bahwa peningkatan retensi air dalam tanah dapat dikaitkan dengan peningkatan karbon organik tanah dan stabilitas agregat. Hubungan yang signifikan antara karbon organik tanah dan air yang tersedia, rata-rata diameter agregat dan air yang tersedia mengkonfirmasi hubungan antara perbaikan struktur tanah dan kemampuannya untuk memasok air. Retensi air tanah dijelaskan melalui nilai-nilai kondisi jenuh, kapasitas lapangan, titik layu permanen, dan air yang tersedia bagi tanaman di bawah perlakuan yang berbeda (Tabel 62). Hasil penelitian Carvalho et al. (2014) mengemukakan dampak biochar pada kapasitas retensi air tanah terkait dengan efek porositas dari

tanah lempung berpasir, yang jelas dari peningkatan kelembaban tanah jenuh dan porositas makro sebesar 0,5 dan 1,6% untuk setiap Mg ha^{-1} . Lebih lanjut dilaporkan bahwa penggunaan biochar sebagai amandemen tanah dapat menjadi strategi yang layak untuk menjamin stabilitas hasil di bawah kondisi air terbatas jangka pendek. Pada kondisi jenuh ($\text{pF } 0$), semua jenis pembenah tanah meningkatkan kemampuan tanah berada pada kondisi jenuh khususnya pada tanah liat. Kontribusi pembenah tanah relatif sama sebesar 15% pada Entisol Lithic Subgrub, namun berbeda pada Inceptisol. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan biochar jengkok > biochar jengkok+pupuk kandang > biochar jengkok+sekam padi sedangkan perlakuan lainnya cenderung sama. Penerapan jenis pembenah tanah dapat menurunkan keadaan jenuh pada Entisol, sekalipun dengan tingkat penurunan yang relatif sama pada semua jenis pembenah tanah.

Retensi kelembaban tanah pada kapasitas lapangan ($\text{pF } 2,5$) dari kedua tanah liat menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu pemberian jenis pembenah tanah tidak berpengaruh nyata (Entisol Lithic Subgrub) tetapi berpengaruh nyata (Inceptisol). Demikian pula pada Entisol juga tidak berpengaruh nyata. Pemberian jenis bahan pembenah tanah meningkatkan kapasitas menahan air (kapasitas lapangan) pada Inceptisol. Kapasitas lapangan merupakan suatu keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air maksimum yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya gravitasi. Pada keadaan ini, sebagian besar pori-pori mikro tanah masih terisi air yang tersedia untuk tanaman. Penggunaan jenis biochar maupun pupuk organik secara tunggal maupun dicampur menunjukkan retensi kelembaban tanah yang sama, kecuali kompos yang dicampur biochar tongkol maupun biochar jengkok. Wang et al. (2016) menyampaikan bahwa kelembaban tanah meningkat dengan biochar tetapi pertumbuhan tanaman tidak meningkat.

Titik layu permanen ($\text{pF } 4,2$) merupakan kondisi kadar air tanah yang ketersediaannya sudah lebih rendah daripada kebutuhan tanaman untuk aktivitas sehingga tanaman menjadi layu secara permanen. Aplikasi jenis pembenah tanah menurunkan kadar air pada titik layu (Entisol Lithic Subgrub). Hampir semua jenis pembenah tanah memberi kontribusi yang sama (45,5%) terhadap penurunan titik layu, kecuali perlakuan biochar sekam yang dicampur kompos ataupun pupuk kandang. Penurunan titik layu permanen dari penerapan biochar sekam+pupuk kandang (57,6%) lebih besar daripada biochar sekam+kompos (33%). Berbeda pada Inceptisol, titik layu meningkat sebesar 32% dengan pemberian jenis pembenah tanah, kecuali kompos yang diberikan secara tunggal maupun yang dicampur dengan biochar jengkok. Pada Entisol, titik layu relatif sama dengan pemberian berbagai jenis pembenah tanah.

Tabel 61. Hasil analisis nested design bagan organik tanah, sifat fisik tanah, dan hasil jagung pipilan kering

Variabel Pengamatan	Bahan organik tanah	Bobot isi tanah	Bobot Jenis Tanah	Porositas Tanah	Konduktivitas Hidrolik Jenuh	pF 0	pF 2,5	pF 4,2	Pori Makro	Pori Meso	Pori Mikro	Pasir	Debu	Liat	Bobot Pipilan Kering
Sumber Keragaman	Sig.														
Jenis Tanah	0.000	0.000	0.555	0.000	0.000	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.063	0.000	0.000	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.000
Biochar-Pupuk Organik pada Jenis Tanah	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.000	0.000	0.000	0.00 0	0.00 0	0.00 1	0.000
Biochar-Pupuk Organik pada Entisol	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00 2	0.12 5	0.00 0	0.000	0.000	0.000	0.00 5	0.00 2	0.00 0	0.000
Biochar-Pupuk Organik pada Entisol Lithic Subgrub	0.000	0.000	0.000	0.000	0.551	0.00 0	0.00 0	0.00 0	0.000	0.000	0.000	0.00 1	0.00 6	0.02 3	0.000
Biochar-Pupuk Organik pada Inceptisol	0.000	0.076	0.064	0.001	0.000	0.00 0	0.06 7	0.04 2	0.000	0.006	0.042	0.00 1	0.00 2	0.70 9	0.024

Tabel 62. Hasil uji DMRT bahan organik tanah, bobot isi tanah, bobot jenis tanah, dan porositas pada jenis tanah

Perlakuan	Bahan Organik Tanah (%)			Bobot Isi Tanah (g cm ⁻³)			Bobot Jenis Tanah (g cm ⁻³)			Porositas (%)		
	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol
Kontrol	1.36 a	1.19 a	1.21 abc	1.2 c	1.3 e	1.3 ^{TN}	2.1 a	2.2 a	2.3 ^{TN}	43.8 a	41.2 a	45.1 a
CT	3.76 g	2.07 b	1.63 de	1.0 a	0.9 a	1.1 ^{TN}	2.5 cd	2.4 cd	2.5 ^{TN}	60.6 c	61.5 d	54.2 b
CS	2.52 cde	2.05 b	1.19 abc	1.0 a	0.9 a	1.2 ^{TN}	2.4 bcd	2.5 e	2.5 ^{TN}	60.2 c	60.8 d	52.6 b
CJ	2.71 de	2.36 b	1.72 e	1.0 a	0.9 a	1.1 ^{TN}	2.3 abc	2.3 bc	2.4 ^{TN}	54.2 b	61.4 d	52.1 b
Ks	2.54 cde	2.09 b	1.26 abcd	1.1 ab	0.9 a	1.1 ^{TN}	2.4 bcd	2.3 ab	2.5 ^{TN}	53.6 b	61.0 d	53.4 b
Pk	2.39 c	2.13 b	0.96 a	1.1 ab	0.9 a	1.1 ^{TN}	2.4 bcd	2.6 e	2.5 ^{TN}	57.0 bc	61.5 d	54.7 b
CT+Ks	3.03 f	1.98 b	1.54 cde	1.1 ab	1.1 cd	1.1 ^{TN}	2.4 bcd	2.5 de	2.4 ^{TN}	56.1 bc	54.0 b	52.9 b
CT+Pk	1.99 b	2.18 b	1.41 bcde	1.1 ab	1.2 d	1.1 ^{TN}	2.4 bcd	2.5 de	2.4 ^{TN}	55.9 bc	53.3 b	52.7 b
CS+Ks	2.36 c	2.01 b	1.06 ab	1.0 a	1.0 ab	1.1 ^{TN}	2.3 ab	2.4 bc	2.3 ^{TN}	56.3 bc	57.4 bcd	51.9 b
CS+Pk	2.76 e	2.08 b	1.27 abcd	1.0 a	1.0 ab	1.1 ^{TN}	2.3 ab	2.4 bc	2.4 ^{TN}	57.0 bc	60.0 cd	55.7 b
CJ+Ks	2.44 cd	2.26 b	1.20 abc	1.1 b	1.0 ab	1.1 ^{TN}	2.6 d	2.3 bc	2.4 ^{TN}	53.9 b	55.4 bc	51.8 b
CJ+Pk	3.09 f	2.40 b	1.36 bcde	1.1 b	1.0 ab	1.1 ^{TN}	2.4 bcd	2.4 bc	2.3 ^{TN}	54.0 b	57.7 bcd	53.3 b

Tabel 63. Hasil uji DMRT pasir, debu, liat, dan tekstur tanah pada jenis tanah

Perlakuan	Pasir (%)			Debu (%)			Liat (%)			Tekstur tanah		
	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol
Kontrol	12.2 a	9.2 a	80.6 d	12.4 a	24.9 abc	17.7 ab	75.4 b	65.9 e	1.7 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CT	20.5 c	18.0 d	72.3 ab	17.0 ab	22.7 ab	26.3 d	65.7 a	59.3 abcd	1.3 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CS	13.7 ab	12.0 bc	76.5 abcd	16.2 ab	27.6 cdef	20.2 ab	70.1 ab	60.3 bcd	3.3 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CJ	13.9 ab	11.6 abc	77.5 bcd	20.1 ab	30.0 f	17.3 ab	66.3 a	58.7 abc	5.2 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
Ks	15.3 abc	13.5 c	74.4 abc	20.0 ab	29.6 def	22.2 bcd	64.8 a	56.9 a	3.6 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
Pk	15.3 abc	12.7 bc	71.4 a	18.3 ab	29.7 ef	25.9 cd	66.2 a	57.7 ab	2.7 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CT+Ks	16.7 abc	10.6 ab	76.7 abcd	15.0 a	29.6 f	21.7 bcd	68.3 a	59.6 abcd	1.7 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CT+Pk	17.3 bc	13.5 bc	78.2 cd	19.7 ab	25.3 bc	20.2 ab	63.1 a	61.3 cd	1.6 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CS+Ks	15.7 abc	11.3 abc	77.4 bcd	18.3 ab	26.5 cde	18.0 ab	66.0 ab	62.2 d	4.7 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CS+Pk	16.7 abc	16.7 d	79.3 cd	13.7 a	21.7 a	16.0 a	69.7 a	61.7 cd	4.7 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CJ+Ks	15.5 abc	13.1 bc	76.8 bcd	17.0 ab	26.3 cd	20.0 ab	67.3 a	60.7 bcd	3.2 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung
CJ+Pk	13.7 ab	16.1 d	74.6 abc	24.1 b	23.0 ab	21.3 bc	64.2 a	60.7 bcd	4.0 ^{TN}	Liat	Liat	Pasir berlempung

Tabel 64. Hasil uji DMRT konduktivitas hidrolik jenuh dan kadar air pada jenis tanah

Perlakuan	Konduktivitas Hidrolik Jenuh (cm jam ⁻¹)			Kadar Air (pF) 0 (cm ³ cm ⁻³)			Kadar Air (pF) 2.5 (cm ³ cm ⁻³) (Kapasitas Lapangan)			Kadar Air (pF) 4.2 (cm ³ cm ⁻³) (Titik Layu)		
	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol
Kontrol	1.7 a	5.4 ^{TN}	32.2 d	0.52 a	0.44 a	0.57 c	0.41 ^{TN}	0.30 a	0.26 ^{TN}	0.33 f	0.17 a	0.13 ab
CT	9.7 b	11.8 ^{TN}	10.5 a	0.60 b	0.61 de	0.48 ab	0.42 ^{TN}	0.37 cde	0.29 ^{TN}	0.19 cd	0.32 f	0.09 a
CS	9.0 b	10.7 ^{TN}	11.3 ab	0.60 b	0.62 e	0.48 ab	0.39 ^{TN}	0.39 de	0.31 ^{TN}	0.19 cd	0.25 cde	0.13 ab
CJ	13.2 b	9.3 ^{TN}	14.5 abc	0.60 b	0.61 de	0.49 b	0.38 ^{TN}	0.39 de	0.30 ^{TN}	0.17 abc	0.28 def	0.13 ab
Ks	8.4 b	9.8 ^{TN}	13.8 abc	0.57 ab	0.60 de	0.49 b	0.36 ^{TN}	0.39 de	0.27 ^{TN}	0.20 de	0.23 bc	0.16 b
Pk	12.8 b	12.0 ^{TN}	21.3 c	0.58 ab	0.61 de	0.49 b	0.39 ^{TN}	0.39 de	0.32 ^{TN}	0.18 bcd	0.24 cd	0.13 ab
CT+Ks	9.8 b	9.5 ^{TN}	17.9 abc	0.62 b	0.53 c	0.50 b	0.42 ^{TN}	0.34 abc	0.31 ^{TN}	0.19 bcd	0.28 def	0.15 b
CT+Pk	19.8 d	11.4 ^{TN}	13.1 abc	0.58 ab	0.58 d	0.46 ab	0.39 ^{TN}	0.38 de	0.28 ^{TN}	0.16 ab	0.29 ef	0.14 b
CS+Ks	18.8 cd	9.2 ^{TN}	19.8 bc	0.60 b	0.59 d	0.45 ab	0.42 ^{TN}	0.39 de	0.29 ^{TN}	0.22 e	0.29 ef	0.15 b
CS+Pk	23.0 d	11.5 ^{TN}	14.9 abc	0.63 b	0.61 de	0.45 ab	0.42 ^{TN}	0.42 e	0.28 ^{TN}	0.14 a	0.27 cdef	0.15 b
CJ+Ks	9.5 b	10.1 ^{TN}	14.7 abc	0.61 b	0.51 b	0.41 a	0.42 ^{TN}	0.32 ab	0.24 ^{TN}	0.18 bcd	0.19 ab	0.12 ab
CJ+Pk	14.2 bc	10.9 ^{TN}	18.1 abc	0.61 b	0.55 c	0.44 ab	0.42 ^{TN}	0.35 bcd	0.27 ^{TN}	0.18 bcd	0.25 cde	0.12 ab

Tabel 65. Hasil uji DMRT pori-pori dan bobot hasil jagung pipilan kering pada jenis tanah

Perlakuan	Pori Makro (%)			Pori Meso (%) (air tersedia)			Pori Mikro (%)			Bobot Jagung Pipilan Kering (t ha ⁻¹)		
	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol	Entisol Lithic Subgub	Inceptisol	Entisol
Kontrol	11.1 a	13.7 a	30.8 c	7.5 a	12.9 bcd	12.9 abc	33.2 e	16.9 a	8,8 a	4.39 a	3.48 a	2.80 a
CT	17.8 b	23.7 d	19.0 ab	23.1 bcd	15.5 de	20.1 e	19.0 bc	31.8 f	13,3 b	5.07 ab	6.54 b	5.42 b
CS	21.0 cd	22.7 cd	16.8 a	20.7 bcd	14.7 cde	18.5 e	18.6 bc	24.7 cde	12.5 ab	5.90 bc	6.93 b	6.15 cde
CJ	21.5 d	21.3 bcd	18.7 ab	21.7 bcd	11.3 bcd	17.2 cde	16.6 ab	28.0 def	12.6 ab	5.40 abc	6.43 b	5.81 bc
Ks	21.0 cd	18.7 b	21.7 b	16.0 b	18.8 e	11.6 a	20.0 cd	22.8 bc	15.5 b	5.75 bc	6.76 b	6.09 cd
Pk	19.6 bcd	21.7 bcd	17.3 a	20.1 bc	15.3 de	18.3 de	18.4 bc	24.1 cd	13.4 b	6.59 c	6.65 b	6.62 def
CT+Ks	19.7 bcd	19.8 bc	19.2 ab	23.4 bcd	5.3 a	16.6 bcde	18.6 bc	28.2 def	14.8 b	5.83 bc	6.51 b	6.79 ef
CT+Pk	19.3 bcd	20.0 bc	18.4 ab	23.5 bcd	8.9 ab	13.4 abc	15.6 ab	29.5 ef	14.1 b	5.93 bc	6.96 b	6.90 f
CS+Ks	18.1 b	19.5 bc	15.9 a	20.1 bc	10.3 bcd	13.7 abc	22.3 d	29.0 def	15.1 b	6.07 bc	6.68 b	6.36 cdef
CS+Pk	20.8 cd	19.2 b	17.2 a	28.2 d	14.5 cde	12.2 ab	14.1 a	27.2 cdef	15.3 b	5.84 bc	7.68 b	6.48 cdef
CJ+Ks	18.9 bc	18.5 b	17.2 a	24.1 cd	13.0 bcd	11.8 a	18.3 bc	19.3 ab	12.3 ab	5.66 bc	6.70 b	6.31 cdef
CJ+Pk	18.7 bc	19.9 bc	17.8 a	24.0 cd	9.7 abc	14.2 abcd	18.3 bc	25.3 cde	12.5 ab	6.20 bc	6.35 b	6.50 def

5.2. LUARAN YANG DICAPAI

TAHUN	JURNAL	PROSIDING	PATEN	BUKU	HAK CIPTA	DOKUMEN HASIL PRODUK	DOKUMEN TASI HASIL UJI PRODUK
2017	Characterization of biochar combination with organic fertilizer: the effects on physical properties of some soil types; Bioscience Research (pISSN: 1811-9506 eISSN 2218-3973), 2017, 14 (4):955-965, 10 Des 2017, www.isisn.org Doi 10.1007/s00374-002-0466-4; URL https://www.isisn.org/BR-14-2017/955-965-14(4)2017BR-1544.pdf					Biochar tongkol jagung	
2018		The soil organic dynamics from types biochar-organic fertilizers and soil; International Conference on Organic Agriculture in the Tropics: State of the Art, Challenges and Opportunities 20–24 August 2017, Yogyakarta, Indonesia http://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/215/1; Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conf. Series: Earth	Komposisi Biochar Tongkol Jagung Dan Metode Pembuatannya; No Pendaftaran P00201810883	Penggunaan Biochar di Lahan Kering; Penerbit UM-UNITR I; ISBN 978-602-470-121-5	Penggunaan Biochar di Lahan Kering; HKI 000156772		Biochar tongkol jagung, sekam padi, limbah industri tembakau (jengkok tembakau)

		and Environmental Science volume 215 (2018) 012008 doi :10.1088/1755 - 1315/215/1/01 2008					
		Dinamika Nitrogen Selama Inkubasi Biochar dan Pupuk Organik Pada Berbagai Jenis Tanah; pada seminar nasional di UGM (22-8- 2018). ISSN: 2442-7314- Hal 682 - 692; URL http://web.fap erta.ugm.ac.id/ event/seminar- nasional-hasil- penelitian- pertanian-viii/					
2019	Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties on the three soil types after second corn cultivation; submit di AIMS Agriculture and Food, Q3, United State, SJR 0,21) tgl 29-10-2019	Analisis pertumbuhan dan hasil tanaman jagung dari residu biochar - pupuk organik pada beberapa jenis tanah di lahan kering; tanggal 21-9- 2019 di UGM					
	Biochar and Organic Fertilizer Utilization in Enhancing Corn Yield on Various Type of Dryland; Submit di ANRES (Agriculture and Natural Resources) pada tgl 10-10-2019 (Q3; SJR 0,24, Thailand)						

	The Corn Yield Evaluation of Biochars And Organic Fertilizers Application to Three Types of Soil (Hayati Journal of Biosciences, IPB, Q2, SJR 0,31) submit pada 28-10-2019						
	Status of soil organic matter and levels N, P, K after two years using biochar and organic fertilizer in three types of soil (handing and native proofreading pada tgl 31-10-2019), jurnal yang akan dituju adalah EurAsian Journal of Biosciences, SJR 0,12, Q4, Turkey						

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

1. Pemberian biochar secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik meningkatkan status perubahan kimia tanah, seperti pH tanah, N total tanah, bahan organik, P tersedia, K tersedia, kandungan Na, kandungan Ca, kandungan Mg dan KTK. Pemberian jenis biochar (biochar tongkol jagung, sekam padi dan jengkok tembakau) serta pupuk organik (kompos dan pupuk kandang) memberikan respon perubahan yang tinggi, kecuali KTK
2. Kadar N total meningkat dari status rendah (kontrol) menjadi sedang (residu biochar yang dikombinasikan dengan pupuk organik) pada Entisol dan (biochar saja) pada Inceptisol. Namun tidak nyata berpengaruh pada Entisol lithic subgrup.
3. Kadar P tersedia meningkat dari status sedang menjadi sangat tinggi (residu biochar yang dikombinasi pupuk organik) pada Entisol, dari rendah menjadi tinggi (biochar dan pupuk kandang) pada Entisol lithic subgrup, dan dari sedang ke tinggi (biochar saja) pada Inceptisol.
4. Kadar K meningkat dari status sangat rendah menjadi rendah (residu biochar dan pupuk organik) pada ketiga jenis tanah.
5. Pada Entisol, pemberian biochar tongkol jagung+kompos, biochar padi+pupuk kandang, dan pemberian jengkok-tembakau memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan kandungan N total tanah, bahan organik tanah, P tersedia dibandingkan dengan kontrol.
6. Pada Entisol lithic subgrup, pemberian biochar jengkok-tembakau+pupuk organik (pupuk kandang maupun kompos) memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan P dan K tersedia dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya.
7. Pada Inceptisol, pemberian biochar sekam padi+kompos, biochar jengkok-tembakau+kompos dan biochar tongkol jagung saja dapat memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan bahan organik tanah, N total, P tersedia, K tersedia dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya.
8. Pada tanah entisol sub lithic, pemberian biochar meningkatkan pH tanah dari netral (perlakuan kontrol) menjadi sedikit basa ($pH > 7$) dengan pemberian sekam padi secara tunggal maupun pemberian biochar jengkok tembakau secara tunggal. Pada tanah inceptisol, pemberian biochar tidak memberikan dampak yang berarti terhadap peningkatan pH tanah karena sama dengan perlakuan kontrol.
9. Pemberian biochar dan pupuk organik pada tanah entisol, entisol lithic subgrup dan inceptisol hanya dapat meningkatkan kandungan Na, Ca, Mg tersedia sedikit, yaitu mengubah status tanah dari kondisi sangat rendah menjadi rendah.
10. Pada tanah entisol, entisol lithic subgrup dan inceptisol pemberian biochar dan pupuk organik tidak dapat meningkatkan KTK tanah yang berarti karena status tanah ketiganya masih berada pada kondisi sangat rendah.
11. Pada tanah entisol, entisol lithic sub grup dan inceptisol pemberian biochar dan pupuk organik memberikan pengaruh yang tinggi terhadap peningkatan kejenuhan basa dari status tinggi menjadi sangat tinggi.
12. Pada tanah entisol, pemberian biochar tongkol jagung – kompos, biochar padi – pupuk kandang, dan pemberian jengkok tembakau memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan KTK dan kejenuhan basa yang tinggi dibandingkan dengan kontrol.
13. Pada tanah entisol lithic subgrup, pemberian biochar jengkok tembakau – pupuk kandang dan biochar jengkok tembakau – kompos memberikan pengaruh yang paling baik dalam

meningkatkan kandungan Na, Ca, dan KTK yang tinggi dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya.

14. Pada tanah inseptisol, pemberian sekam padi – kompos, jengkok tembakau – kompos dan biochar tongkol jagung saja dapat memberikan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan kandungan Na, Ca, Mg, KTK serta kejenuhan basa yang tinggi dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya.
15. Pada Entisol, biochar tongkol jagung dicampur pupuk kandang menurunkan KHJ (59,3%) dan pori makro (67,4%), serta meningkatnya bahan organik tanah (16,5%), porositas (16,9)%, pori mikro (60,2%), serta hasil jagung (146,4%) dibanding kontrol.
16. Pada Inceptisol, biochar sekam padi dicampur pupuk kandang menurunkan bobot isi tanah (23,1%), fraksi liat (6,4%), kadar air pada titik layu permanen (41,2%), dan meningkatkan bahan organik tanah (135,3%), bobot jenis partikel (9,1%), porositas (45,6%), fraksi pasir (81,5%), pori makro (40,1%), pori mikro (60,9%), air tersedia (12,4%), kadar air pada kapasitas lapangan (30%), serta hasil jagung (120,7%) dibanding kontrol.
17. Pada Entisol Lithic Subgrup, pupuk kandang menurunkan bobot isi tanah (9%), fraksi liat (12,2%), pori mikro (44,6%), kadar air pada titik layu permanen (45,5%), dan meningkatkan bahan organik tanah (75,7%), bobot partikel tanah (14,3%), porositas (30,1%), fraksi pasir (25,4%), fraksi debu (47,6), KHJ (652%), air tersedia (168%), pori makro (76,6%), dan hasil jagung (50,1%) dibanding kontrol

6.2. SARAN

Penelitian kolaborasi dengan menggunakan petak percobaan di lahan milik petani mitra diperlukan dengan memperhatikan hasil-hasil terbaik dari penelitian ini.

TERIMA KASIH

Kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat nomor 113 / SP2H / LT / DRPM / 2019, Gudang Garam, Ltd, dan PT Bisi Internasional, Ltd.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S. 2004. Dinamika hara dalam tanah dan mekanisme serapan hara. Pusat Penelitian Tanah. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Agegehu, G., Bass, A., Nelson, P., Bird, M. 2016. Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Sci. Total Environ.* 543, 295–306.
- Aggelides, S.M., and Londra, P.A. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresources Technology.* 71(3): 253-259.
- Ahmed, F., Islam, S., Iqbal, T. 2017. Biochar amendment improves soil fertility and productivity of mulberry plant. *Eurasian J Soil Sci*, 6 (3) 226 – 237 DOI: 10.18393/ejss.291945
- Akande, M.O., Makinde. E.A., Oluwatoyinbo. F.I., and Adetunji. M.T. 2010. Effect Of Phosphate Rock Application on Dry Matter Yield and Phosphorus Recovery of Maize and Cowpea Grown in Sequence. *Afrikan Journal of Environmental Science and Technologi.* 4 (5) : 293-303.
- Akça, M.O., and Namli, A. 2015. Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian J Soil Sci*, 4 (3) 161 - 168. DOI: <http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2015.3.161-168>
- Amador, J.A., Glucksman, A.M., Lyons, J.B., Gorres, J.H. 1997. Spatial distribution of soil phosphatase activity within riparian forest. *Soil Science* 162, 808-825.
- Ammu, P. and Anitha, S. 2015. Production and Characterisation of Biochar From Different Organic Materials. *Journal of Tropical Agriculture*, 53 (2), pp. 191-196.
- Amonette JE, Joseph S. 2009. Characteristics of biochar microchemical properties. In: Lehman J, Joseph S (eds). *Biochar for Environmental Management Science and Technology*. Earthscan, London.
- Are, K. S., Aina, O., A., Adelana, A.O., Fademi, I. O.O. 2017. Improving physical properties of degraded soil: Potential of poultry manure and biochar. *Agriculture and Natural Resources* 51 (2017) 454 – 462 <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.03.009>
- Arthur, E., Schjonning, P., Moldrup, P., Razzaghi, F., Tuller, M., De Jonge, L.W., 2014. Soil structure and microbial activity dynamics in 2-month field-incubated organic amended soils. *Eur. J. Soil Sci.* 65, 218–230. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/ejss.12121>.
- Asai H, Samson KB, Stephan MH, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y et al (2009) Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Res* 111:81–84
- Atkinson, C.J., J.D. Fitzgerald, and N.A. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil.* 337: 1-18.
- Backwell, P., E. Krull, G. Butter, A. Herbert, and Z. Solaiman. 2010. Effect os banded biochar on dryland wheat production and fertilizer use in South-western Australia: an agronomic and economic perspective. *Australian Journal of Soil Research* 48:531-545
- Baronti, S., Vaccari, F.P., Miglietta, F., Calzolari, C. Lugato, E., Orlandini, S., Pini, R., Zulian, C., Genesio, L. 2014. Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* L. *Europ. J. Agron.* 53:38-44.

- Bashir, S., Zhu, J., Fu, Q., Hu, H. 2018. Cadmium mobility, uptake and anti-oxidative response of water spinach (*Ipomoea aquatic*) under rice straw biochar, zeolite and rock phosphate as amendments. *Chemosphere* 194, 579-587.
- Biederman, L. A., Harpole, W. T. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*. 5: 202- 214.
- Bonifas, K.D., Walters, D.T., Cassman, K.G., Lindquist, J.L. 2005. Nitrogen supply affects root: Shoot ratio in corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*. 53: 670-675.
- Brewer, C.E., Schmidt-Rohr, K., Satrio, J.A. and Brown, R.C. 2009. Characterization of biochar from fast pyrolysis and gasification systems. *Environ. Prog. Sustainable Energy* 28:386–396. doi:10.1002/ep.10378
- Bruun, E.W., Petersen, C.T., Hansen, E., Holm, J.K., Hauggaard-Nielsen, H. 2014. Biochar Amendment to Coarse Sandy Subsoil Improves Root Growth and Increases Water Retention. *Soil Use Manag.* 30, 109–118.
- Busscher, W.J., Novak, J.M., Ahmedna, M. 2011. Physical effects of organic matter amendment of a southeastern US coastal loamy sand. *Soil Science*, vol.176, no.12, pp.661-667.
- Chan, K.Y., van Zwieten, B.L., Meszaros, I., Downie, D., and Joseph, S. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46, 437–444
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Aust. J. Soil Res.* 45:629-634. doi:10.1071/SR07109
- Cheng, C. H., J. Lehmann, J.E. Thies, S.D. Burton, and M.H. Engelhard. 2006. Oxidation of black carbon through biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry* 37: 1477 - 1488.
- Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Breedveld, G.D., David, W., Rutherford, Sparrevik, M., Alling, V., Hale, S.E., Obia, A., Mulder, J. 2013. Biochar Effect on Maize Yield and Soil Characteristics in Five Conservation Farming Sites in Zambia. *Agronomy*, 3, 256-274; doi:10.3390/agronomy3020256
- Cross, A.; Sohi, S. 2011. The priming potential of biochar products in relation to labile carbon contents and soil organic matter status. *Soil Biol. Biochem*, 43, 2127–2134.
- Czekala, W., Jezowska, A., Chelkowski, D. 2019. The Use of Biochar for the Production of Organic Fertilizers. *Journal of Ecological Engineering*, 20 (1): 1–8 <https://doi.org/10.12911/22998993/93869>.
- Da Silva, I.C.B., Basílio, J.J.N., Fernandes, L.A., Colen, F., Sampaio, R.A., Frazão, L.A. 2016. Biochar from different residues on soil properties and common bean production. *Scientia Agricola*. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0242>
- Darman. 2008. *Kedelai Sumber Pertumbuhan Produksi Dan Teknik Budidaya*. Gramedia. Bogor.
- David, M., Filiberto and John, L. Gaunt (2013). Practicality of biochar additions to enhance soil and crop productivity. *Agric.*, 3 4) : 715-(725; doi:10.3390 / agriculture 3040715.
- DeLuca, T. H., M. D. MacKenzie and M. J. Gundale. 2009. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformation. In Lehmann, J and S. Joseph, editor. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Sterling, Va Earthscan, pp. 251 – 265.
- Demisie, W., Liu, Z., Zhang, M., 2014. Effect of biochar on carbon fractions and Enzyme activity of red soil. *Catena* 121, 214–221.
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., Zeng, G. 2016. Biochar to improve soil fertility. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36: 2-18.

- Dobermann, A. dan T. Fairhurst. 2000. Nutrient Disorders and Nutrient Management. Tham Sin Chee
- Downie, A., Munro, P., Grosky, A. 2009. Characterization of biochar-physical and structural properties. In: Lehmann & Joseph (eds). 2009. Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan. p 13-29.
- Dugan, E., Verhoef, A., Robinson, S., Sohi, S. 2010. Bio-char from sawdust, maize stover and charcoal: Impact on water holding capacities (WHC) of three soils from Ghana. 19th World Congress of Soil Sciences, Symposium pp. 9-12.
- Dume, B., Mosissa, T., Nebiyu, A., 2016. Effect of biochar on soil properties and lead (Pb) availability in a military camp in South West Ethiopia. *African Journal of Environmental Science and Technology* 10 (3): 77-85.
- Elangovan, R. and Sekaran, N. Chandra (2014). Effect of biochar application on growth, yield and soil fertility status in cotton. *Asian J. Soil Sci.*, 9(1): 41-49.
- Elviwirda. 2007. Potensi Penggunaan Biochar untuk Mendukung Pertanian Organik. Universitas Samarinda.
- Evanylo, G., Sherony, C., Spargo, J., Starner, D., Brosius, M., and Haering, K. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems, & Environment*. 127(1): 50-58.
- Fryda, L and Visser, R. 2015. Biochar for Soil Improvement: Evaluation of Biochar from Gasification and Slow Pyrolysis. *Agriculture*, 5, 1076-1115; doi:10.3390/agriculture5041076.
- Fungo, B., Lehmann, J., Kalbitz, K., Thion, M.G, Okeyo, I., Tenywa, M., Neufeldt, H. 2017. Aggregate size distribution in a biochar-amended tropical Ultisol under Conventional hand-hoe tillage. *Soil & Tillage Research* 165: 190–197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.08.012>
- Gani, A. 2009. Potensi arang hayati biochar sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* 4(1): 33- 48
- Gaskin, J.W., R.A Speir, K. Harris, K.C. Das, R.D. Lee., L.A. Morris, and D.S. Fisher. 2010. Effect of Peanut Hull and Pine Chip Biochar on Soil Nutrients, Corn Nutrient Status, and Yield. *Agronomy Journal*, 102, 623-633.
- Gebremedhin, G.H., Haileselassie, B., Berhe, D., and Belay, T. 2015. Effect of Biochar on Yield and Yield Components of Wheat and Post-harvest Soil Properties in Tigray, Ethiopia., *J Fertil Pestic* 2015, 6:2-4. <http://dx.doi.org/10.4172/jbfbp.1000158>
- Gentile, R., Vanlauwe, B., Kavoo, A., Chivenge, P., Six, J., 2010. Residue quality and N fertilizer do not influence aggregate stabilization of C and N in two tropical soils with contrasting texture. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 88, 121-131.
- Glaser, B., Lehmann, J and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal a review biology and fertility of soils 35 : 219-230
- Gray, M., Johnson, M.G., Dragila, M.I., Kleber, M. 2014. Water uptake in biochars: the roles of porosity and hydrophobicity. *Biomass Bioenergy* 61, 196-205.
- Guo, S., J. K. Whalen., B. W. Thomas and V. Sachdeva. 2015. Physicochemical Properties and Microbial Responses in Biochar- amended soils: Mechanisms and Future Directions. *J. Agriculture, Ecosystems and Environment* (206) : 46–59
- Gusmini, Yulnafatmawita dan Anita Febriani Daulay, 2008. Pengaruh pemberian beberapa jenis bahan organik terhadap peningkatan kandungan hara N, P, K Ultisol, kebun percobaan Paferta Padang. *Jurnal Solum* Vol. V No. 2 Juli 2008 : 57-65. ISSN:1829-7994

- Gwenzi, W., Chaukura, N., Mukome, F.N.D., Machado, S., Nyamasoka, B. 2015. Journal of Environmental Management 150, 250-261. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.027>
- Haefele, S.M., Y. Konboon, W. Wongboon, S. Amarante, A.A. Maarifat, E.M. Pfeiffer, and C. Knoblauch. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in ricebased systems. Field Crop. Res. 123 (3): 430- 440.
- Hargreaves, J.C., Adl, M.S., and Warman, P.R. 2008. A Review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems, & Environment*. 123(1): 1-14.
- Harsanti dan A.N. Ardiwinata. 2011. Arang aktif meningkatkan kualitas lingkungan. Sinar Tani Edisi 6-12 April No 3400 Tahun XLI
- Haynes, R.J., Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst* 51, 123-137.
- Hseu, Z.Y., Jien, S.H., Chien, W.H., Liou, R.C. 2014. Impacts of Biochar on Physical Properties and Erosion Potential of a Mudstone Slopeland Soil. *Scientific World Journal*, 2104, Article ID 602197, 10 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/602197>.
- Hueso-González, P., Martinez-Murillo, J.F., and Ruiz-Sinoga, J.D. 2014. The impact of organic amendments on forest soil properties under Mediterranean climatic conditions. *Land Degradation & Development*.
- Ibrahim S. Abujabhah & Richard Doyle & Sally A. Bound & John P. Bowman. 2016. The effect of biochar loading rates on soil fertility, soil biomass, potential nitrification, and soil community metabolic profiles in three different soils. *Journal of Soils and Sediments*, 1-13. DOI 10.1007 / s11368-016-1411-8
- Igarashi, T. 2002. Hankbook for soil amendement of tropical soil, Association for international cooperation of agriculture and forestry, p 127-134
- Inal, A., Gunes, A., Sahin, O., Taskin, M.B., Kaya, E.C. 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil, on the growth of bean and maize. *Soil Use Manag.* 31, 106e113.
- Islami, T. 2012. Pengaruh residu bahan organik pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) sebagai tanaman sela pertanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* L.). Vol 12. No.1 . Buana sains . Hal 131-136
- Jamilah dan Safridar, N. 2012. Pengaruh dosis urea, arang aktif dan zeolit terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agrista* 16 (3), 153-162.
- Jeffery, S., F.G.A Verheijen, M. van der Velde, and A.C. Bastos. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soil on crop productivity using meta-analysis, *Agriculture Ecosystems&Environment*, 144(1):175-187.
- Jien, S.H., Wang, C.S., 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *CATENA* 110, 225-233.
- Jimenez, J.J., Lorenz, K., Lal, R. 2011. Organic carbon and nitrogen in soil particle size aggregates under dry tropical forests from Guanacaste, Costa Rica implications for within site soil organic carbon stabilization. *CATENA* 86, 178-191.
- Jokela, W.E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 148-154.
- Jones, D. L., J. Rousk, G. Eswards-Jones, T.H. Deluca, D.V. Murphy. 2012. Biochar-mediated change in soil quality and plant growth in a year field trial. *Soil Biology and Biochemistry*. 45, 113-124.
- Junita F, Muhartini S, Kastono D. 2002. Pengaruh frekuensi penyiraman dan takaran pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil pakchoi. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 9(1): 37-45.
- K. T. Khan, M. T. A. Chowdhury and S. M. Imamul Huq, 2014. Application of biochar and

- fate of soil nutrients. *Bangladesh J. Sci. Res.* 27(1): 11-25
- K. Y. Chan, L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph, "Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment," *Australian Journal of Soil Research*, vol.45, no.8, pp.629–634, 2007.
- Kapkiyai, J.J., Karanja, N.K., Quresh, J.N., Smothson, P.C., Woomer, P.L. 1999. Soil organic matter and nutrient dynamics in a Kenyan nitisol under long-term fertilizer and organic input management. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1773-1782.
- Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I., Regina, K. 2011. Biochar Addition to Agricultural Soil Increased CH₄ Uptake and Water Holding Capacity – Results from A Short-term Pilot Field study. *Agric. Ecosyst. Environ.* 140:309–313. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.005>.
- Körschens M. 2013. Humus und Klimaänderung. Internationalen Grünen Woche in Berlin am 25. Januar 2013, 1-13
- Kpombekou, A. K., Tabatabai, M. A. 1994. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. *Soil Science* 158:442-453
- Kussainova, M., Durmus, M., Erkocak, A., Kizilkaya, R., 2013. Soil dehydrogenase activity of natural macro aggregates in a toposequence of forest soil. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2: 69-75.
- Laird, D.; Fleming, P.; Davis, D.; Horton, R.; Wang, B.; Karlen, D. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 2010, 158, 443–449.
- Lehmann, J. and S. Joseph. 2009. Biochar for environmental management. Earthscan: 127-143. United Kingdom.
- Lehmann, J., da Silva, J. P., Jr., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil* 249: 343–357
- Lehmann, J., Joseph, S. 2015. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In: Biochar for Environmental Management - Science and Technology, 2nd edition. J. Lehmann and S. Joseph (eds.). Routledge.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Marsiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota e A review. *Soil Biol. Biochem.* 43: 1812-1836.
- Li, J.T., Zhang, B. 2007. Paddy soil stability and mechanical properties as affected by long-term application of chemical fertilizer and animal manure in subtropical China. *Pedosphere* 17, 568-579.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J.E., Luizao, F.J., Petersen, J. and Neves, E.G. 2006. Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils, *Soil Science Society of America Journal*, 70: 1719–1730.
- Libutti, A., Mucci, M., Francavilla, M., Monteleone, M. 2016. Effect of biochar amendment on nitrate retention in a silty clay loam soil. *Italian Journal of Agronomy*; 11:780, 273-276.
- Lingga, P. 2004. Hidroponik, Bercocok Tanam Tanpa Tanah. Penebar Swadaya. Jakarta. 99 hlm
- Liu, M., Hu, F., Chen, X., Huang, Q., Jiao, J., Zhang, B., Li, H., 2009. Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: the influence of quantity, type and application time of organic amendments. *Appl. Soil Ecol.* 42, 166-175.

- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G., Paz-Ferreiro, J. 2013. Biochars Effect on Crop Productivity and The Dependence on Experimental Conditions - A Meta - Analysis of Literature Data. *Plant Soil* 373: 583–594.
- Liu, X.H., Han, F.P., Zhang, X.C., 2012. Effect of biochar on soil aggregates in the loess plateau: results from incubation experiments. *Int. J. Agric. Biol.* 14, 975-979.
- Ludwig, B., Schulz, E., Rethemeyer, J., Merbach, I., Flessa, H. 2007. Predictive modelling of C dynamics in the long-term fertilization experiment at bad Lauchstädt with the rothamsted carbon model. *Eur. J. Soil Sci.* 58, 1155-1163.
- M. T. de Melo Carvalho, A. de Holanda Nunes Maia, B. E. Madari, L. Bastiaans, A. B. Heinemann, M. A. Soler da Silva, F. A. Petter, B. H. Marimon Jr., P. A. J. van Oort , and H. Meinke. 2014. Biochar increases plant-available water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system *Solid Earth*, 5, 939–952, www.solid-earth.net/5/939/2014/doi:10.5194/se-5-939-2014
- Ma, N., Zhang, L., Zhang, Y., Yang, L., Yu, C., Yin, G., Doane, T.A., Wu, Z., Zhu, P., Ma, X. 2016. Biochar Improves Soil Aggregate Stability and Water Availability in a Mollisol after Three Years of Field Application. *PLOS ONE* | DOI:10.1371/journal.pone.0154091 May 18.
- Macdonald, L.; Farrell, M.; Van Zwieten, L.; Krull, E. Plant growth responses to biochar addition: An Australian soils perspective. *Biol. Fertil. Soils* 2013, 50, 1035–1045.
- Magdoff, F 2001. Concepts components, and strategies of soil health in agroecosystems. *J. Nematol.* 33. 169.
- Major, J, Lehmann, J, Rondon, M & Goodale, C. 2010a. Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration, *Global Change Biology* 16(4): 1366–79.
- Martinsen, V., Mulder, J., Shitumbanuma, V., Sparrevik, M., Borresen, T., Cornelissen, G. 2014. Farmer-led maize biochar trials: Effect on crop yield and soil nutrients under conservation farming. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177: 681-695.
- Masek, O., Brownsort, P., Cross, A., Sohi, S.: Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar. *Fuel* 103, 151–155 (2013).
- Masulili, A., Utomo, W.H. and Syekhfani, Ms. 2010. Rice Husk Biochar for Rice Based Cropping System in Acid Soil 1. The Characteristics of Rice Husk Biochar and Its Influence on the Properties of Acid Sulfate Soils and Rice Growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agricultural Science (Canada)* 3: 25-33
- Mawardiana. 2013. Pengaruh Residu Biochar dan Pemupukan NPK Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Padi Musim Tanam Ketiga. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Lahan*.1(1):23-31.
- Medyńska-Juraszek, A. 2016. Biochar as a soil amendment. *Soil Sci Annu* 67:151-157.
- Mia, S., van Groenigena, J.W., van de Voorde, T.F.J., Orama, N. J., Bezemer, T.M., Mommer, L., Jeffery, S. 2014. Biochar application rate affects biological nitrogen fixation in red clover conditional on potassium availability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 191: 83–91.
- Mukherjee, A., Lal, R., 2013. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy* 3, 313-339.
- Mukherjee, A., Lal, R., 2014. The biochar dilemma. *Soil Res.* 52, 217-230.
- Mukherjee, A.; Lal, R. 2016. Biochar and Soil Quality. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Mulyani, A. dan Sarwani, M. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Suboptimal Untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 2: 47-56.
- Murata Y, Matsushima S. 1978. “Rice”. In Evans, L.T.(Ed). *Crop Physiology*. Cambridge: University Press. Cambridge; University Press. Cambridge. p. 73-99.

- Muyassir, Sufardi, Saputra, I. 2012. Perubahan sifat fisika Inceptisol akibat perbedaan jenis dan dosis pupuk organik. *Lentera* : Vol.12, No.1, Maret 2012.
- Naeem, M. A., M. Khalid, M. Arshad and A. Rashid. 2014. Yield and nutrient composition of biochar produced from different feedstocks at varying pyrolytic temperatures. *Pak. J. Agri. Sci.* 51(1): 75-82.
- Nguyen, T. T. N, C. Y. Xu, I. Tahmasbian, R. Che, Z. Xu, X. Zhou , H. M. Wallace, and S. H. Bai. 2017. Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: A review and meta-analysis. *Geoderma*, 288 : 79– 96.
- Novak, J. M., I. Lima., B. Xing., J. W. Gaskin., C. Steiner., K. C. Das., M. Ahmedna., D. Rehrh., D. W. Watts., W. J. Busscher and H. Schomberg. 2009. Characterization of Designer Biochar Produced at Different Temperatures and Their Effects on a Loamy Sand. *Annals of Environmental Science* 3:195-206.
- Nurhayati DR, Siswadi. (2019). Growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) plants with mediated compost biochar on coastal sandy land area in Bantul Regency Indonesia. *Eurasia J Biosci* 13: 673-679.
- Nyambo, P., Chiduza C., Araya, T., Taeni, T. 2018. Effects of Maize Residue Biochar Amendments on Soil Properties and Soil Loss on Acidic Hutton Soil. *Agronomy*, 8, 256; doi:10.3390/agronomy8110256
- Obia, A., Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G., Børresen, T. 2016. In Situ Effects of Biochar on Aggregation, Water Retention and Porosity in Light-textured Tropical Soils. *Soil Tillage Res.* 155: 35–44.
- Odlare, M., Arthurson, V., Pell, M., Svensson, K., Nehrenheim, E., Abubaker, J. 2011. Land application of organic waste - Effects on the soil ecosystem. *Applied Energy*, 88(6), 2210-2218.
- Ohsowski, B.M., Klironomos, J.N., Dunfield, K.E., and Hart, M.M. 2012. Potential OF Soil Amendments for restoring Severly Disturbed Grasslands. *Applied Soil Ecology*. 60: 77-83.
- Ojeniyi, S.O., Amusan, O.A., Adekiya, A.O., 2013. Effect of poultry manure on soil physical properties, nutrient uptake and yield of cocoyam (*Xanthoso saggitifolium*) in Southwest Nigeria. *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 13, 121-125.
- Pan G, Zhou P, Li Z, Smith P, Li L, Qiu D et al (2009) Combined inorganic/organic fertilization enhances N efficiency and increases rice productivity through organic carbon accumulation in a rice paddy from the Tai Lake region, China. *Agric Ecosyst Environ* 131:274–280
- Pandit, N.R., Mulder, J., Hale, S.E., Martinsen, V., Schmidt, H.P., Cornelissen, G. 2018. Science of the Total Environment 625 (2018) 1380–1389 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.022>
- Peng, X., Ye, L.L., Wang, C.H., Zhou, H., Sun, B. 2011. Temperature and Duration Dependent Rice Straw-derived Biochar: Characteristics and Its Effects on Soil Properties of An Ultisol in Southern China. *Soil Till. Res.* 112, 159-166.
- Prasetyo Y., Djatmiko H., Sulistyaningsih N. 2014. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku dan Dosis Biochar Terhadap Perubahan Sifat Fisika Tanah Pasiran Pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember (UNEJ) Jln. Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto, Jember 68121
- Pravin R. Chaudhari, Dodha V. Ahire, Vidya D. Ahire, Manab Chkravarty and Saroj Maity. 2013. Soil Bulk Density as related to Soil Texture, Organic Matter Content and available total Nutrients of Coimbatore Soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 2, February 2013
- Puslitbangtan, 2009 Petunjuk Pelaksanaan Pendampingan SL-PTT Departemen Pertanian. Jakarta.

- Puslitbangtan, Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, 2012. Deskripsi Varietas Unggul Jagung. Tahun 2012. Maros
- Puspa Lorina MD, Sitawati S, Wicaksono KP. 2015. Studi sistem tumpangsari brokoli (*Brassica oleracea* L.) dan bawang prei (*Allium porrum* L.) pada berbagai jarak tanam. *Jurnal produksi tanaman*. 3(7): 565-573.
- Qin, H.Z.: Study on Properties of Biochar Made from Household Waste, Nanjing Agricultural University, Nanjing, JS (Ph.D Dissertation) (2012).
- Reeves, D.W., 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Till. Res.* 43, 131-167.
- Rehman, M.Z., Khalid, H., Akmal, F., Ali S., Rizwan M., Qayyum M.F. et al 2017. Effect of limestone, lignite and biochar applied alone and combined on cadmium uptake in wheat and rice under rotation in an effluent irrigated field. *Environ. Pollut.* 227, 560–568.
- Rehman, M.Z., Rizwan, M., Ali, S., Fatima, N., Yousaf, B., Naeem, A., Sabir, M., Ahmad, H.R., Ok, Y.S. 2016. Contrasting effects of biochar, compost and farm manure on alleviation of nickel toxicity in maize (*Zea mays* L.) in relation to plant growth, photosynthesis and metal uptake. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133: 218-225
- Rogovska, N., Laird, D.A., Rathke, S.J., Karlen, D.L., 2014. Biochar impact on Midwestern Mollisols and maize nutrient availability. *Geoderma* 230–231, 340–347.
- Rondon, M. A., Lehmann, J., Ramirez, J. & Hurtado, M., 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Increases with biochar additions. *Biology and Fertility of Soils*, 43, 699-708
- Rosmarkam A., Yuwono N.W. 2002. Ilmu kesuburan Tanah. Gajah Mada University. Press, Yogyakarta.
- S.S. Sandhu., Dan, U., Kumar, S., Chintala, R., Papiernik, S.K., Malo, D.D., Schumacher, T.E.: Analyzing the impacts of three types of biochar on soil carbon fractions and physiochemical properties in a corn-soybean rotation, *Chemosphere* 184, 473–481 (2017).
- Salawati, M. Basir, I. Kadekoh, A.R. Thaha. 2016. Potensi biochar sekam padi terhadap perubahan pH, KTK, C Organik, dan P Tersedia pada tanah sawah inceptisol. *J. Agroland*. 23(2):101-109.
- Sarwani, M., Nurida, N.L., Agus, F.: Greenhouse emissions and land use issues related to the use of bioenergy in Indonesia, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 32, 56-66 (2013).
- Satriawan B. D and E. Handayanto. 2015. Effects of Biochar and Crop Residues Application on Chemical Properties of a Degraded Soil of South Malang, and P Uptake by Maize. *Journal of Degraded Andmining Lands*, 2 (2) : 271 – 281.
- Schnell, R.W., Vietor, D.M., Provin, T.L. Munster, C.L., and Capareda, S. 2012. Capacity of Biochar Application to Maintain Energy Crop Productivity: Soil Chemistry, Sorghum Growth, and Runoff Water Quality Effects. *Journal of Environmental Quality*, 41, X-X, doi:10.2134/jeq2011.0077
- Schnell, R.W., Vietor, D.M, Provin, T.L., Munster, CL., and Capareda, S. 2012. Capacity of biochar application to maintain energy crop productivity: Soil chemistry, sorghum growth, and runoff water quality effects. *J. Environmental Quality*.
- Scislowska, M., Włodarczyk, R., Kobylecki, R., Bis, Z. 2015. Biochar to improve the quality and productivity of soils. *Journal of Ecological Engineering*, 16(3): 31–35. DOI: 10.12911/22998993/2802.
- Simanungkalit, R.D.M. 2006. Prospek Pupuk Organik dan Pupuk Hayati di Indonesia. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Pengembangan dan Penelitian. Bogor.

- Sitompul S.M. dan Guritno B. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. UGM Press. Yogyakarta. 412 hal.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.* 79, 7-31.
- Soepandi, D., 2013. Fisiologi Adaptasi Tanaman Terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika. IPB Press. Bogor
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E. and Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report 05/09.
- Solaiman, Z. M and H. M. Anawar. 2015. Application of Biochars for Soil Constraints: Challenges and Solution. *Pedosphere*, 25(5): 631- 638
- Sonia., T, Siswanto, B., dan Handayanto, E. 2014. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar Terhadap Ketersediaan P Dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, Vol. 1, No. 1: 85-92.
- Speratti, A.B., Johnson, M.S., Sousa, H.M., Torres, G.N., Couto, E.G. 2017. Impact of Different Agricultural Waste Biochars on Maize Biomass and Soil Water Content in a Brazilian. *Cerrado Arenosol Agronomy*, 7, 49 1-19. doi:10.3390/agronomy7030049
- Spokas, K.A., K.B. Cantell, J.M. Novak, D.W. Archer, Ippolito, J.A., Collin, H.P., Boateng, A.A., Lima, I.M., Lamb, M.C., A.J. Mc Aloon, R.D. Lentz, and K.A. Nichols. 2012. Biochar: A synthesis of Its Agronomic Impact beyond Carbon Sequestration. *J. Environ Qual* 41 (4):973-989.
- Srinivasarao, C.H., Gopinath, K.A., Venkatesh, G., Dubey, A.K., Wakudkar, H., Purakayastha, T.J., Pathak, H., Jha, P., Lakaria, B.L., Rajkhowa, D.J., Sandip Mandal, Jeyar Aman, S., Venkateswarlu, B., and Sikka, A.K. 2013. Use of Biochar for Soil health management and greenhouse gas mitigation in India: Potential and constraints, Central Research Institute for Dryland Agriculture, Hyderabad, Andhra Pradesh, 51p.
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macedo, J. L. V., Blum, W. E. H. and Zech, W. 2007. Long effect of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on highly weathered central amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291: 275-290.
- Subagyono, K., Abdurachman, A. and Nata Suharta, 2001. Effects of puddling various soil types by harrows on physical properties of new developed irrigated rice areas in Indonesia. *Proceeding of the meeting of Indonesian Student Association*, Tokyo, Japan.
- Subandi, F. Kaim, M. Basir, W. Wakman, Zubachtirodin, I. uddin Firmansyah, dan M. Akil, 2003. High light. *Balai Penelitian Tanaman Serealia* 2002. Balai Penelitian Tanaman Serealia, 24 p.
- Subandi, IG. Ismail, dan Harmanto, 1998. Jagung : Teknologi Produksi dan Pascapanen. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor, 57 P.
- Sukartono and Utomo, W.H. 2012. The Role of Biochar as A Soil Amendment in Maize Cultivation on Tropical Loam Soil (Sandy Loam) of Tropical Semiarid of Lombok. *Buana Sains* 12 (1) : 91-98 (in Indonesian).
- Sukartono, Utomo, W.H., Kusuma, Z. and Nugroho, W. H. 2011. Soil fertility status and maize (*Zea mays*) yield after biochar application on sandy soils of North Lombok, Indonesia. *Journal of Tropical Agriculture* 49: 47-53
- Sukartono, Utomo, W.H., Kusuma, Z. And Nugroho, W. H. 2011. Soil fertility status and maize (*Zea mays*) yield after biochar application on sandy soils of North Lombok, Indonesia. *Journal of Tropical Agriculture* 49: 47-53
- Supriyadi, S. 2007. Kesuburan tanah di lahan kering Madura. *Embryo* 4 (2), 124-131.
- Suryani, M. 2013. Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.) akibat Pemberian Biochar pada Topsoil dan Subsoil Ultisol. *Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung*, 79 p.

- Sutoro N., Dewi dan Setyowati M. 2008. Hubungan sifat morfologis tanaman dengan hasil kedelai. *Penelitian tanaman pangan*: 27(3):185-190.
- Tagoe, S.O., Takatsugu Horiuchi, T., and Matsui, T. 2008. Effects of carbonized and dried chicken manures on the growth, yield, and N content of soybean. *Plant Soil*, 306, 211–220
- Tan, K.H. 2001. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Warnock *et al* (2007
- Tiessen, H., Cuevas, E., Chacon, D. 1994. The Role of Soil Organic Matter in Sustaining Soil Fertility. *Nature*, v.371, p.783-785.
- Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Zahoor, A., Nishihara, E., 2011. Influence of biochar application on sandy soil hydraulic properties and nutrient retention. *J. Food Agric. Environ.* 9, 1137-1143.
- Van Zwieten, L., Singh, B.P., Kimber, S.W.L., Murphy, D.V., Macdonald, L.M., Rust, J., Morris, S. 2014. An incubation study investigating the mechanisms that impact N₂O flux from soil following biochar application. *Agric. Ecosyst. Environ.* 191, 53-62.
- Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., Diafas, I. 2010 Biochar application to soils: a critical scientific review on effects on soil properties, processes and functions, Joint Research Center (JRC), Scientific and Technical Report. Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., van der Velde, M., Penzek, V., Beland, M., Bastos, A.C., Keizer, J.J., 2013. Reductions in soil surface albedo as a function of biochar application rate: Implications for global radiative forcing. *Environ. Res. Lett.* 8: 44008.
- Wang, Y., Zhang, L., Yang, H., Yan, G., Xu, Z., Chen, C., Zhang, D. 2016. Biochar Nutrient Availability Rather than Its Water Holding Capacity Governs The Growth of both C₃ and C₄ Plants. *J Soils Sediments* 16: 801–810.
- Wibowo, W.A., B. Hariyono, Z. Kusuma. 2016. Pengaruh biochar, abu ketel dan pupuk kandang terhadap pencucian nitrogen tanah berpasir Asembagus, Situbondo. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 3(1): 269-278.
- Widowati and Asnah. 2014. Biochar Effect on Potassium Fertilizer and Leaching Potassium Doses for Two Corn Planting Seasons. *Agrivita Journal Agriculture Sciences*, 36 (1): 65-71.
- Widowati, Asnah, Sutoyo. 2012. Pengaruh Penggunaan Biochar dan Pupuk Kalium Terhadap Pencucian dan Serapan Kalium Pada Tanaman Jagung. *Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi. Buana Sains* 12(1) : 2
- Widowati, Sutoyo, Iskandar, T., and Karamina, H. 2017. Characterization of Biochar Combination With Organic Fertilizer: The Effects on Physical Properties of Some Soil Types. *Bioscience Research*, 14(4): 955-965.
- Widowati, Utomo, W.H., Soehono, L.A. and Guritno, B. 2011. Effect of biochar on the release and loss of nitrogen from urea fertilization. *Journal of Agriculture and Food Technology* 1: 127-132.
- Widowati. 2010. *Produksi dan Aplikasi Biochar / Arang dalam Mempengaruhi Tanah dan Tanaman*. Disertasi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Wojcieszak, D., Przybyl, J., Lewicki, A., Ludwiczak, A., Przybylak A., Boniecki P., Koszela K., Zaborowicz, M., Przybyl K., Witaszek K. 2015. Use of neural image analysis methods in the process of determine the dry matter content in the compost. *Proc. of SPIE* Vol. 9631 963118-1.
- Woolf, D.; Amonette, J.E.; Street-Perrott, F.A.; Lehmann, J.; Joseph, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nat. Commun*, 1, 56.
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I.F., Anshori, S. & Ogawa, M. 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia manginum* on the yield of maize, cowpea and

- peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52, 489-495
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I.F., Anshori, S., and Ogawa, M. 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Journal Soil Science and Plant Nutrition*, 52, 489-495.
- Yao, Y., Gao, B., Zhang, M., Inyang, M. and Zimmerman, A.R. 2012. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere* 89 : 1467-1471.
- Yeboah E., Ofori P., Quansah G. W., Dugan E., Sohi S. P. 2009. Improving soil productivity through biochar amendments to soils. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3(2): 034-041. Available online at <http://www.academicjournals.org/AJEST.ISSN 1991-637X>
- Yuan, J.; Xu, R.; Zhang, H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresour. Technol.* 102, 3488-3497.
- Zhang, Q.; Du, Z.; Lou, Y.; He, X. 2015. A one-year short-term biochar application improved carbon accumulation in large macro aggregate fractions. *Catena*, 127, 26-31.
- Zhang, X., Wang, D., Jiang, C.C., Peng, S.A. 2013. Research progress of amelioration effects of biochars on acid soils. *Hubei Agric. Sci.* 52, 997-1000.
- Zhang, Y., Liu, Y., Zhang, G., Guo, X., Sun, Z., Li, T. 2018. The Effects of Rice Straw and Biochar Applications on the Microbial Community in a Soil with a History of Continuous Tomato Planting History. *Agronomy* 8 (65):1-13 doi:10.3390/agronomy8050065
- Zheng, J.Y., Stewart, C.E., Cotrufo, M.F. 2012. Biochar and nitrogen fertilizer alters soil nitrogen dynamics and greenhouse gas fluxes from two temperate soils. *J. Environ. Qual.* 41, 1361-1370.
- Zwieten VL, Kimber S, Morris S, Chan YK, Downie A, Rust J. 2010. Effect of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil* 327:235-246.
- Zwieten, L. V., Kimber, S., Morris, S., Chan, K. Y., Downie, A., Rust, J., Joseph, S., and Cowie, A. (2010). "Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility," *Plant Soil* 327(1), 235-246. DOI: 10.1007/s11104-009-0050-x.

LAMPIRAN

1. Surat paten diumumkan



KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIC INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
Jl. H.R. Rasuna Said Kav 8-9, Kuningan, Jakarta Selatan, 12940
Telepon: (021) 57905611 Faksimili: (021) 57905611
Laman: <http://www.dgip.go.id> Surel: dopatent@dgip.go.id

Nomor : HKI.3-HI.05.01.02.P00201810883
Lampiran : 1 (satu) berkas
Hal : Pemberitahuan Persyaratan Formalitas Telah Dipenuhi

Jakarta, 28 Desember 2018

Yth. LPPM UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI
Jl. Telaga Warna Tlogomas Malang

Dengan ini diberitahukan bahwa Permohonan Paten:

Tanggal Pengajuan : 21 Desember 2018
(21) Nomor Permohonan : P00201810883
(71) Pemohon : LPPM UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI
(54) Judul Invensi : KOMPOSISI BIOCHAR TONGKOL JAGUNG DAN METODE PEMBUATANNYA
(30) Data Prioritas :
(74) Konsultan HKI :
(22) Tanggal Penerimaan : 21 Desember 2018

telah melewati tahap pemeriksaan formalitas dan semua persyaratan formalitas telah dipenuhi. Untuk itu akan dilakukan:

1. Pengumuman, segera 7 (tujuh) hari setelah 18 (delapan belas) bulan sejak tanggal penerimaan atau tanggal prioritas dalam hal Paten Biasa (Pasal 46 UU No 13 Tahun 2016); atau segera 7 (tujuh) hari setelah 3 (tiga) bulan sejak tanggal penerimaan atau tanggal prioritas, dalam hal Paten Sederhana (Pasal 123 UU No 13 Tahun 2016).
2. Pemeriksaan Substantif segera setelah masa publikasi selesai dan pemohon telah mengajukan permohonan pemeriksaan substantif (Pasal 51 UU No 13 Tahun 2016).

Selain itu hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Permohonan pemeriksaan substantif diajukan selambat-lambatnya 36 (tiga puluh enam) bulan sejak tanggal penerimaan untuk permohonan paten biasa dan selambat-lambatnya 6 (enam) bulan sejak tanggal penerimaan untuk permohonan paten sederhana, dengan disertai biaya sesuai yang tercantum pada PP No. 45 Tahun 2016.
2. Tidak diajukan permohonan pemeriksaan substantif dalam jangka waktu yang ditentukan tersebut akan mengakibatkan permohonan paten ini dianggap ditarik kembali.
3. Harap melakukan pembayaran kelebihan 0 buah klaim (@50.000) sebesar Rp. 0.
4. Pembayaran tambahan biaya akibat kelebihan jumlah klaim, dilakukan selambat-lambatnya pada saat pengajuan pemeriksaan substantif. Apabila tambahan biaya tidak dibayarkan dalam jangka waktu sebagaimana dimaksud maka kelebihan jumlah klaim dianggap ditarik kembali (Pasal 28 ayat 2 dan 3 PP 34 Tahun 1991).
5. Jumlah halaman deskripsi yang terbayar halaman (Bila halaman deskripsi lebih dari 30).



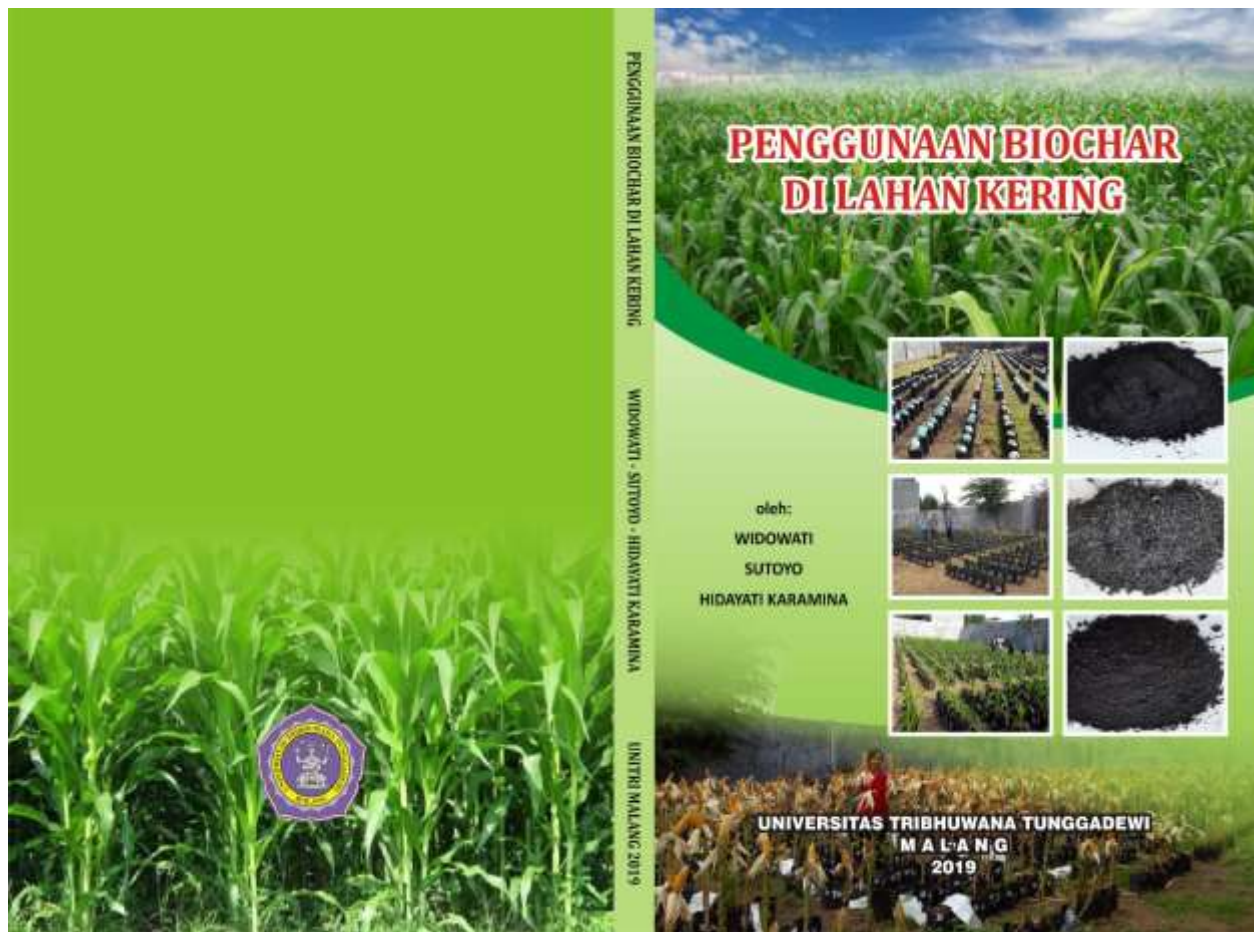
00-2018-369/44

a.n. Direktur Paten, Desain Tata Letak
Sirkuit Terpadu dan Rahasia Dagang
Kasubdit Permohonan dan Publikasi,

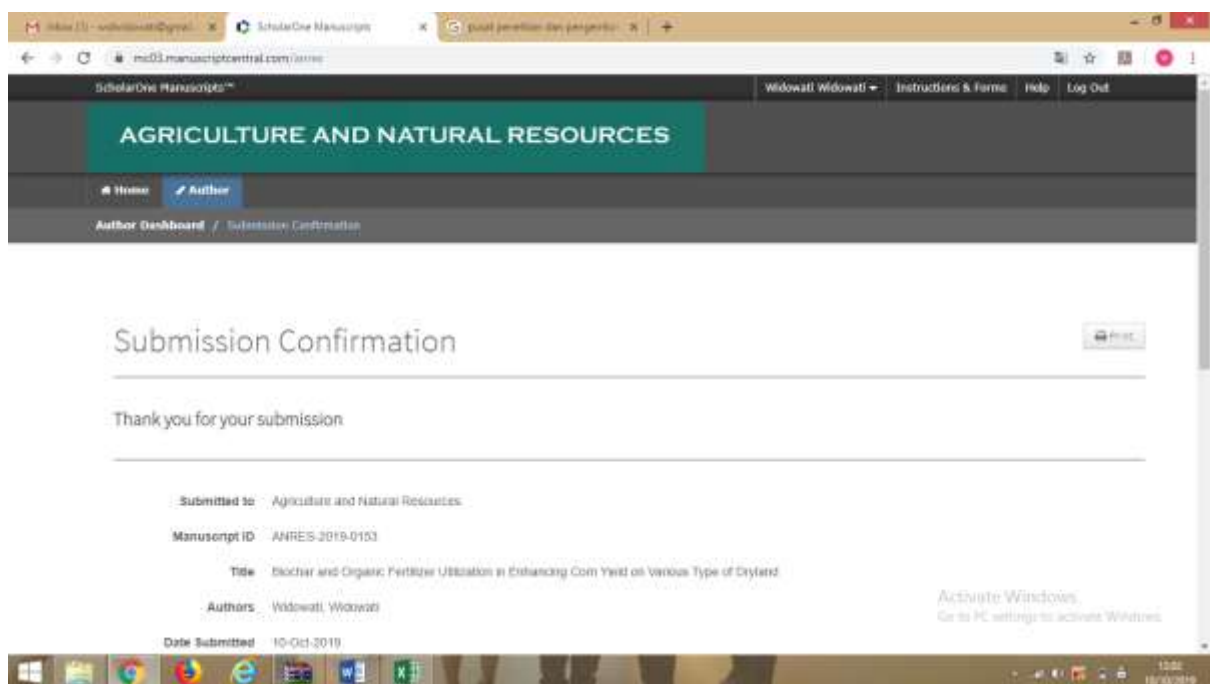
Dra. Sri Lastani, ST, M.IP.
NIP. 196512311991032002

Tembusan:
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual.

2. Cover Buku



3. Bukti submit di tiga jurnal internasional (ANRES, AIMS, HAYATI)



The screenshot shows a web browser window with multiple tabs. The active tab is the AIMS Agriculture and Food journal submission confirmation page. The page has a dark blue header with the journal name and a navigation bar with links like 'New Message(1)', 'Submit New Paper', 'New Submissions(1)', 'Under Review(0)', 'Under Revisions(0)', 'Accepted(0)', 'Final Editing(0)', 'All Papers(1)', and 'MSIDcAgn2019123#'. A sidebar on the left contains icons for Home, Update Profile, Role Author, Change Password, and Logout. The main content area displays a message: 'Thank you so much for your submission- AIMS Press'. Below this, it says 'Dear Dr. Widawati, Thank you so much for your submission. Our editor will contact you soon. Best wishes, Yours sincerely, AIMS Agriculture and Food E-mail: agriculture@aimspress.org'. There are 'Delete' and 'Reply' buttons. At the bottom, there is a Windows activation watermark.

The screenshot shows a web browser window with multiple tabs. The active tab is the HAYATI Journal of Biosciences submission confirmation page. The page has a blue header with the journal name and a navigation bar with links like 'Webinar: Webinars (Author)', 'Quick Summary', 'Reviewer Area', 'Submit', 'Submission History', 'Help', 'FAQ', 'Feedback', and 'Log Out'. The main content area displays a 'Manuscript Submission' section with a 'Submission progress' bar and a 'Submission Confirmation' box. The confirmation box contains the following text: 'Thank you for using the HAYATI J Biosci online submission system. You will receive an official acknowledgment via email. You can check the status of your manuscript at any time by logging into the system and entering your [Author Area](#). Please contact our office (hayati_j_biosci@scs.net.id) if you discover you must make changes to your submission while it is under review. You can also use the [Feedback Form](#).' A sidebar on the left contains links for 'Submission progress', 'Submission Status', 'Manuscript Basics', 'Abstract and Cover Letter', 'Reviewer Suggestions', 'Reviewer Estimates', 'Author list', 'File Metadata', and 'Manuscript Files'. At the bottom, there is a Windows activation watermark.

4. Dokumentasi hasil produk




DOKUMEN HASIL PRODUK BIOCHAR TONGKOL JAGUNG

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI**

UNITRI.PF.19.10.0211.08

Revisi	: -
Tanggal	: 08 Oktober 2019
Disusun oleh	: Widowati, Taufuk Iskandar, Hidayati Karamina
Disetujui oleh	: Dekan FP UNITRI

FAKULTAS PERTANIAN - UNITRI		DOKUMEN HASIL PRODUK BIOCHAR TONGKOL JAGUNG FAKULTAS PERTANIAN UNITRI UNITRI.PF.19.10.0211.08	Disetujui oleh : Dekan Fakultas Pertanian  Dr. Hamzah, MP.
Revisi :	Tanggal :		
-			



5. Dokumentasi hasil uji produk




DOKUMENTASI HASIL UJI PRODUK BIOCHAR TONGKOL JAGUNG DI LAHAN KERING

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADDEWI**

UNITRI.UPF.19.10.0211.08

Revisi	: -
Tanggal	: 08 Oktober 2019
Disusun oleh	: Widowati, Taufuk Iskandar, Hidayati Karamina
Disetujui oleh	: Dekan FP UNITRI

FAKULTAS PERTANIAN - UNITRI		
Revisi :	Tanggal :	
-		Disetujui oleh : Diketahui oleh : FAKULTAS PERTANIAN UNITRI UNITRI.UPF.19.10.0211.08 Hamzan, MP.

6. Cover buku petunjuk penggunaan dan penggunaan biochar



7. Sertifikat kegiatan Seminar sebagai pemakalah dalam tiga tahun



